

Aus dem Institut für Allgemeine Hygiene der
Freien Universität Berlin
Direktor: Professor Dr. med. H. Rüden

ZUR BAKTERIELLEN KONTAMINATION DER LUFT BEI
CHIRURGISCHEN OPERATIONEN

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Katharina Metzger
Berlin-Charlottenburg

1903

Aus dem Institut für Allgemeine Hygiene der
Freien Universität Berlin
Direktor: Professor Dr. med. H. Rüden

**ZUR BAKTERIELLEN KONTAMINATION DER LUFT BEI
CHIRURGISCHEN OPERATIONEN**

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Katharina Metzger
Berlin-Charlottenburg

Referent: Professor Dr. med. H. Rüden

Korreferent: Prof. Dr. K.-E. Gillert

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbereiche der
Freien Universität Berlin

Promoviert am: 05.04.1984

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1.	EINLEITUNG 6
1.1	Nosokomiale Infektionen 6
1.1.1	Definition 6
1.1.2	Historische Entwicklung 7
1.1.3	Bedeutung (Häufigkeit, Mortalität, Kosten) 8
1.1.4	Ursachen (Infektionsquellen) 10
1.1.5	Übertragungswege 12
1.2	Aerogener Infektionsweg 14
1.2.1	Stellenwert 14
1.2.2	Ziele der vorliegenden Arbeit 16
1.2.3	Gesamtkeimzahl 17
1.2.4	Nosokomiale Infektionserreger (Wundinfektion) 19
2.	MATERIAL UND METHODEN 22
2.1	Operationstrakt 22
2.2	Probenentnahmen aus der Luft 25
2.2.1	Andersen-Sampler (quantitative Methode) 25
2.2.2	Nährmedien für den Impaktor 26
2.2.3	Sedimentationsplatten (semiquantitative Methode) 28
2.2.4	Positionierung der Sedimentationsplatten und des Samplers 28
2.2.5	Zeitraum 29
2.3	Aufbereitung des Materials 30
2.3.1	Bestimmung der Gesamtkeimzahl 30
2.3.2	Qualitative Untersuchung (biochemische Differenzierung) 30
2.3.2.1	Gramnegative Stäbchen (Enterobacteriaceae und Pseudomonadaceae) 30
2.3.2.2	Fäkalstreptokokken (u.a. Streptococcus faecalis) 31
2.3.2.3	Micrococcaceae 31
2.3.2.3.1	Auswahl 31
2.3.2.3.2	Prüfung auf anaerobes Wachstum 31
2.3.2.3.3	Staphylokokken 33

2.3.2.3.3.1	Staphylococcus aureus	33
2.3.2.3.3.2	Staphylococcus saprophyticus	34
2.3.2.3.3.3	Staphylococcus epidermidis	35
2.3.2.4	Resistogramme	35
3.	ERGEBNISSE	37
3.1	Luftmikrobiologisch untersuchte Operationen	37
3.1.1	Übersicht	37
3.1.2	Allgemeinchirurgie	38
3.1.3	Knochenchirurgie	38
3.1.4	Klinisch-mikrobiologische Anamnese	38
3.2	Luftkeimkonzentrationen	43
3.2.1	Luftkeimkonzentrationsprofile - nach Räumen geordnet	43
3.2.1.1	Sedimentationsverfahren	43
3.2.1.1.1	Medium: Blut-Agar	43
3.2.1.1.2	Medien: Trypton-Soja-Agar, Kochsalz-Agar und Kligler-Agar	44
3.2.1.2	Impaktionsverfahren	50
3.2.1.2.1	Medium: Blut-Agar	50
3.2.1.2.2	Medien: Trypton-Soja-Agar, Kochsalz-Agar und Kligler-Agar	52
3.2.1.3	Aktivitäten des Personals	56
3.2.2	Luftkeimkonzentrationen während Operationen	60
3.2.2.1	Allgemeinchirurgie	60
3.2.2.2	Knochenchirurgie	66
3.2.2.3	Zusammenfassung	68
3.2.2.4	Korngrößenverteilung der Luftkeime in drei Operationssälen	70
3.3	Qualitative Luftkeimbefunde	73
3.3.1	Übersicht	73
3.3.2	Nosokomiale Infektionserreger	73
3.3.3	Resistogramme der nosokomialen Infektions- erreger	77
3.3.4	Zusammenhang der nosokomialen Infektions- erreger zum mikrobiologischen Befund am Patienten	79
3.3.5	Resistogramme aller identifizierten Keime	81

4.	DISKUSSION	84
4.1	Vergleich der Verfahren Impaktion und Sedimentation	84
4.2	Bewertung der verwandten Nährböden	86
4.3	Quantitative Luftkeimbefunde	87
4.3.1	Allgemeinchirurgische Operationen	87
4.3.2	Knochenchirurgische Operationen	89
4.4	Qualitative Luftkeimbefunde	91
4.5	Diskussion der Ergebnisse im Zusammenhang zu einer Parallel-Untersuchung auf der chirurgischen Intensivpflegestation	93
5.	ZUSAMMENFASSUNG	95
6.	LITERATURVERZEICHNIS	97
	Danksagung	105
	Lebenslauf	106

1. EINLEITUNG

1.1 Nosokomiale Infektionen

1.1.1 Definition

Krankenhausinfektionen, auch Hospital- oder nosokomiale Infektionen genannt, sind solche Infektionen, die ein Patient oder ein Beschäftigter im Krankenhaus erwirbt. Es muß ein zeitlicher, räumlicher und kausaler Zusammenhang zum Auftreten der Neuerkrankung gegeben sein (68).

Im weiteren Sinne sind auch Infektionen, die in anderen Gesundheitseinrichtungen wie Sanatorien, Arztpraxen, Krankenpflegefahrzeugen etc. erworben werden, Nosokomialinfektionen (78).

Die häufigste Unterscheidung nach der Infektionsquelle trennt exogene Infektionen von endogenen oder Autoinfektionen. Erstere nehmen ihren Ausgang vom kranken Mitpatienten, vom klinisch inapparenten Keimträger oder von einem Reservoir in der unbelebten Umgebung des Patienten. Sie neigen zur epidemischen Ausbreitung, die je nach Virulenz des Erregers unterschiedlich stark ausgeprägt sein kann und auch eine Gefährdung für das Krankenhauspersonal darstellt.

Die Bedeutung der Autoinfektion mit Vertretern der normalen, körpereigenen Haut- und Schleimhautflora wird teilweise noch gering eingeschätzt (68). Bedenkt man jedoch, daß beispielsweise Klebsiellen und Pseudomonaden im Darm, Staphylokokken im Mund- und Nasenraum und Sproßpilze in der Vagina vorkommen können, ohne eine klinisch manifeste Erkrankung zu verursachen, so wird deutlich, daß Träger dieser Keime bei einem operativen Eingriff, bei einer Dezimierung anderer Keime desselben Biotopes infolge antibiotischer Therapie oder bei einer allgemeinen Schwächung der körpereigenen Abwehr gefährdeter sind als Nichtkeimträger. Diese Ansicht hat sogar zu dem Versuch geführt, endogene Infektionen nicht mehr den Krankenhausinfektionen zuzuordnen (37), wobei die Abgrenzung in der Praxis aber schwierig ist und daher noch nicht allgemein übernommen werden kann.

1.1.2 Historische Entwicklung

Äquivalent unseren heutigen Nosokomialinfektionen war in früheren Jahrhunderten für die Chirurgie der Hospitalbrand, heute Gasbrand genannt, und für die Geburtshilfe das Kindbettfieber, das der heutigen Wundinfektion entspricht. Noch in den 40er Jahren des vorigen Jahrhunderts fielen 50% der chirurgischen Patienten dem Hospitalbrand zum Opfer, in Kriegszeiten, wenn die Lazarette überfüllt waren, sogar 80 bis 90% (26).

Bereits im 18. Jahrhundert war in England die Erkenntnis aufgekommen, daß allgemeine Sauberkeit die Häufigkeit des Puerperalfiebers senkt. Aber erst der Geburtshelfer SEMMELWEIS erkannte 1847 den Zusammenhang zwischen den verunreinigten Händen der Ärzte und Medizinstudenten und dem Kindbettfieber. Er führte die erste systematische Händedesinfektion mit Chlorlösung vor jeder manuellen Untersuchung ein. Sein Prinzip der Sauberkeit setzte sich schon bald bei allen Kollegen durch; die wissenschaftliche Anerkennung für seine Theorie, die Wundinfektion werde durch die Übertragung fauliger, organischer Stoffe verursacht, blieb ihm jedoch versagt.

Erst als LISTER in den 60er Jahren unter dem Einfluß der Entdeckungen PASTEURS die viel höhere Komplikationsrate bei offenen Brüchen im Gegensatz zu geschlossenen in Beziehung zu luftgetragenen Keimen setzte, erhielt das Prinzip der Antisepsis ihr wissenschaftliches Fundament.

Während er noch versuchte, durch reichliche Anwendung von Karbolsäurespray die Keime im Operationssaal abzutöten, begann man im ausgehenden 19. Jahrhundert damit, das Operationsfeld von vorneherein möglichst keimfrei zu halten (Prinzip der Asepsis). Weitere Fortschritte in dieser Richtung waren die Einführung des Operationshandschuhes und der -kleidung und letztlich die Hitze- und Dampfsterilisation aller bei einem Eingriff verwendeten Materialien (68). Obwohl die Einführung dieser antiseptischen und aseptischen

Arbeitsweisen die Quote der Nosokomialinfektionen drastisch gesenkt hatte, war das Problem keineswegs beseitigt. Denn nachdem der Gasbrand durch die Beseitigung des Schmutzes von einer der häufigsten zu einer seltenen Krankenhausinfektion geworden war, nahmen nun Hospitalinfektionen durch pathogene Streptokokken - insbesondere durch *Streptococcus pyogenes* und *Streptococcus pneumoniae* - immer mehr zu (68). Als man diese Keime mit der Entdeckung und Entwicklung von Sulfonamiden und Benzylpenicillin um 1940 in den Griff bekam (1), kam es zu einer Selektion von β -Lactamase bildenden Staphylokokken-Stämmen. Ihre Bedeutung für nosokomiale Infektionen nahm ständig zu und wurde erst Anfang der 60er Jahre durch die Einführung β -lactamasefester Penicilline gestoppt. Seitdem nimmt offenbar die Häufigkeit von Hospitalinfektionen durch gramnegative Stäbchen zu (57, 68).

Diese Entwicklung läßt die alleinige Hoffnung auf neue, noch wirksamere Chemotherapeutika trügerisch erscheinen. Die kurativen Methoden der modernen Medizin können nur dann erfolgreich sein, wenn sie durch sinnvolle Präventivmaßnahmen ergänzt werden.

So ist es Aufgabe der Krankenhaushygiene, durch Forschung, Lehre und Beratung jedes einzelnen Krankenhauses das Risiko für Patienten und Personal, an einer Nosokomialinfektion zu erkranken, zu vermindern (52).

1.1.3 Bedeutung (Häufigkeit, Kosten, Mortalität)

Die Schätzungen über die Häufigkeit krankenhauserworbener Infektionen reichen von 2 bis 15% aller stationär behandelten Patienten (55). Zumeist liegt die Rate zwischen 5 und 8%. Rechnet man in Deutschland mit 10 Millionen Krankenhausaufnahmen pro Jahr, so bedeutet das eine Zahl von 500.000 bis 800.000 Patienten, die jährlich an einer Nosokomialinfektion erkranken (23). Eine Pilotstudie der Paul-Ehrlich-Gesellschaft fand 1980 eine durchschnittliche Infektionsrate von

9,8% (bei 51.450 kontrollierten Patienten). Sie schwankte - je nach Abteilung - zwischen 6,0% und 16,8%, wobei auf der operativen Intensivpflegestation die höchsten, auf der medizinischen Normalpflegestation die niedrigsten Werte zu verzeichnen waren (22).

Dabei machen Harnwegsinfektionen, Wundinfektionen, Atemwegsinfektionen, Sepsis und Infektionen der Haut und Subkutis über 90% aus. Die übrigen Infektionen - z.B. im Hals-Nasen-Ohren-Bereich, im Gastrointestinaltrakt, im weiblichen Genitaltrakt, des kardiovaskulären Systems oder im Zentralnervensystem - treten dagegen zahlenmäßig weit in den Hintergrund (22, 23, 24, 63).

Auch die dabei entstehenden Kosten wurden von vielen Seiten diskutiert: Während nach POLAKAVETZ et al. (61) das Center for Disease Control (CDC) in den USA noch 1971 mit 375 Millionen Dollar pro Jahr für die Behandlung von Nosokomialinfektionen rechnete, schätzte HALEY (39) 7 Jahre später diesen Mehraufwand bereits auf 1,5 bis 6 Milliarden Dollar im Jahr. Gelänge es nun, die Krankenhausinfektionsrate in den USA um nur 6,3% zu senken, so könnte mit dem eingesparten Geld das gesamte Programm zur Infektionskontrolle finanziert werden (22, 39, 61).

Nach einer ähnlichen Schätzung für die BRD amortisieren sich alle zur Infektionskontrolle notwendigen Personalinvestitionen (eine Hygienefachschwester pro 300 Betten etc.) dann, wenn die Infektionsrate um 19,3%, also von 5% auf etwa 4%, gesenkt werden kann (55).

Solche volkswirtschaftlichen Berechnungen dürfen jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, daß im Einzelfall durchaus sogar Mehrkosten infolge einer verbesserten Krankenhaushygiene entstehen können. Auch bleiben in Kosten-Nutzen-Rechnungen die infektionsbedingten Todesfälle und alle langfristigen Schäden mit verkürzter Lebenserwartung durch Pneumonien, Hepatitis, aufsteigende Harnwegsinfekte usw. unberücksichtigt (34).

In diesem Zusammenhang soll eine Studie an 1.000 Autopsiefällen erwähnt werden, nach der 7,4% dieser Patienten direkt und weitere 6,3% mitverantwortlich an einer Nosokomialinfektion gestorben waren (25). Zwar kann diese Patientenauswahl wegen der Schwere ihrer Grundkrankheit und wegen zusätzlicher resistenzmindernder Faktoren nicht als repräsentativ gelten, sie demonstriert jedoch die Problematik von Kosten-Nutzen-Analysen, bei denen solche schwersten Folgen von Nosokomialinfektionen völlig unberücksichtigt bleiben.

Insgesamt ist die Bedeutung der Hospitalinfektionen, die sich in ihrer Häufigkeit, Mortalität und ihren Kosten widerspiegelt, eher im Wachsen begriffen. Um diese Entwicklung aufzuhalten, ist es notwendig, die Krankenhaushygiene in verstärktem Maße an die Fortschritte der Medizin anzupassen, was nach Meinung von CARLSON (16) im letzten Jahrzehnt nicht genügend geschehen ist.

1.1.4 Ursachen (Infektionsquellen)

Als die vier wichtigsten Ursachen krankenhauserworbener Infektionen zählt DASCHNER (21) die mit den Fortschritten der Medizin immer häufiger auftretende Resistenzminderung von Patienten (siehe auch Kap. 1.2.1), die erhöhte Exposition durch massive Keimausbreitung über moderne medikotechnische Einrichtungen und Apparate (siehe auch Kap. 1.1.5), die Vernachlässigung bewährter hygienischer Maßnahmen infolge Personalmangels, häufigen Personalwechsels oder überdurchschnittlicher Belegungszahlen und die Vermehrung und Ausbreitung antibiotikaresistenter, fakultativ pathogener Keime auf. Letztere soll im folgenden näher erläutert werden.

Als Infektionsquelle bezeichnet man denjenigen Ort oder die Person, wo sich pathogene Keime vermehren können (49, 63). Stark begünstigend wirkt sich ein bestimmter Feuchtigkeitsgehalt der Umgebung aus, der für "Naßkeime" aus den Gattungen

Escherichia, Klebsiella, Pseudomonas, Enterobacter, Proteus das Überleben begünstigt.

Eine statistisch sehr bedeutende Gruppe innerhalb der Hospitalinfektionen sind die Autoinfektionen. Ihr Anteil an den Nosokomialinfektionen wird auf 40 bis 50% geschätzt (23). Im folgenden wird jedoch nicht ausführlicher auf die endogenen Infektionen eingegangen, da im Mittelpunkt dieser Arbeit die Bedeutung der Luft als Übertragungsweg zwischen exogener Infektionsquelle und dem Patienten als Infektionsziel steht.

KANZ (50, 51, 59) zählt die wichtigsten exogenen Infektionsquellen auf und nennt als bedeutendste den Mitpatienten, wobei Kranke mit infizierten Wunden (insbesondere Verbrennungswunden), mit Langzeitbeatmung, mit Blasendauerkatheter und mit Dekubitus erfahrungsgemäß besonders hohe Keimzahlen austreten können.

An zweiter Stelle stehen solche patientennahen Geräte, die als Reservoir für die oben angeführten "Naßkeime" dienen können, beispielsweise Befeuchtungssysteme von Beatmungsgeräten, Inkubatoren, Inhalatoren und Ultraschallverneblern, Absaugflaschen von Narkoseapparaten und Dialysegeräte. Jedoch dürfen auch private oder gar gemeinschaftliche Waschlotionen sowie Putzgegenstände nicht außer acht gelassen werden (49).

Eine ebenso wichtige Keimquelle ist das Personal, welches inapparent aus dem Nasen-Rachen-Raum oder aus Pyodermien bzw. Hautläsionen bedeutende Keimmengen ausscheiden kann. Unterschätzt wird oft das Kopfhaar als Vermehrungsort für Staphylokokken; daher müssen im Operationstrakt auch Koteletten und Bärte vollständig durch Hauben und Masken abgedeckt sein (56, 60). Eine andere Untersuchung (29) hat gezeigt, daß ein Mensch selbst in steriler OP-Kleidung je nach Tätigkeit und Bekleidungsform pro Minute 1.500 bis 50.000 Keime an die Raumluft abgibt.

Die Wege der Keimausbreitung, auf denen die Keimvermehrung

eine geringe oder gar keine Rolle spielt, werden im folgenden Kapitel besprochen.

1.1.5 Übertragungswege

Nach dem Infektionsweg unterteilt man die Krankenhausinfektionen in direkt und indirekt übertragene bzw. in Kontakt-, Schmier- und aerogene Infektionen (49, 63).

Die zweite Unterteilung schildert, wie der Erreger zum Infektionsort gelangt, läßt jedoch die Länge und Art des Ausbreitungsweges unberücksichtigt; der Bezeichnung "Kontaktinfektion" beispielsweise ist nicht zu entnehmen, ob und wie lange sich der Keim vorher in der Luft befand. Dieser Frage wird die erste Einteilung eher gerecht. Bei der direkten Übertragung ist der Weg von der Infektionsquelle zum Ziel räumlich und zeitlich gesehen kurz und geschieht durch Kontakt oder Tröpfchen. Man versucht, diese Möglichkeit zu unterbinden, indem beispielsweise ein infektiöser Patient durch einen Vorhang oder ein eigenes Zimmer von seinen Mitpatienten getrennt wird. Der Haupt-Übertragungsweg ist jedoch der indirekte, wo Infektionserreger über Vehikel transportiert werden. Da praktisch jede Person und jeder Gegenstand, die mit dem Patienten in Berührung kommen, kontaminiert sein können, ist das Problem weniger im Nachweis von Bakterien zu suchen, sondern es ist der Beweis der infektionsübertragenden Relevanz eines Keimvehikels zu führen (21, 63).

Viele Autoren (13, 21, 22, 23, 49, 50, 51, 56, 58, 63) sind sich einig, daß die Hände des Personals das bedeutendste Keimvehikel sind. Hier setzt die billigste und zugleich wirksamste Verhütungsmaßnahme gegen Hospitalerkrankungen ein: bereits Händewaschen reduziert die Abgabe von hautfremden Bakterien unter Umständen bis auf ein Tausendstel, die hygienische Händedesinfektion sogar auf ein Hunderttausendstel (63). Leider wird von dieser Möglichkeit der Infektionspro-

phylaxe mancherorts immer noch zu wenig Gebrauch gemacht (60).

Die zweitgrößte Bedeutung hat die Kleidung des Personals, welche während der pflegerischen Tätigkeiten am Bett des keimstreuenden Patienten massiv kontaminiert wird (49, 51). So wurden bei einer Untersuchung von HAMBRAEUS (41) an der Berufskleidung von Schwestern *Staphylococcus aureus* in einer Größenordnung von 10^4 pro Schwester gefunden, nachdem diese pflegerische Tätigkeiten an einem infizierten Verbrennungskranken ausgeführt hatten. Setzten diese Krankenschwestern im benachbarten Zimmer ihre Arbeit fort, ohne zusätzliche Schutzkleidung über die bereits infizierten Kleider anzulegen, so wurde sowohl die Raumlufte als auch der nächste Patient mit diesen Staphylokokken massiv kontaminiert. Durch das Tragen von zusätzlicher Schutzkleidung dagegen wurde die übliche Keimabgabe an die Raumlufte um den Faktor 4 bis 10, an den nächsten Patienten sogar um den Faktor 100 gesenkt.

Ebenso wie Hände und Kleidung des Personals sind außerdem alle Geräte wie Urinflaschen, Stöckbecken usw. und größere Apparate wie Endoskopiegeräte kontaminiert, nachdem sie mit dem infektiösen Patienten in Berührung gekommen sind (51). Zuletzt sei noch erwähnt, daß auch alle in Kap. 1.1.4. erwähnten Keimquellen gleichzeitig als Überträger fungieren können.

Das folgende Kapitel soll die Bedeutung des aerogenen Infektionsweges näher beleuchten.

1.2 Aerogener Infektionsweg

1.2.1 Stellenwert

Im vorangegangenen Kapitel (1.1.5.) wurde zwischen Kontakt-, Schmier- und aerogener Infektion bzw. zwischen direktem und indirektem Übertragungsmodus unterschieden. Diese Differenzierungen sind jedoch mehr theoretischer Art; im Einzelfall ist es meist nicht möglich, anzugeben, in welcher Weise eine Infektion zustande kam.

Dementsprechend ist die Bedeutung, welche der Luft bei der Übertragung von Infektionserregern zukommt, noch unsicher. Einigkeit herrscht jedoch darüber (49, 64), daß Kontaktinfektionen häufiger sind als aerogene Infektionen; KANZ (51) schätzt das Verhältnis auf 9 zu 1.

Vieles spricht jedoch dafür, der Luft insgesamt einen höheren Stellenwert zuzuordnen. So weisen RÜDEN und GUNDERMANN (65) darauf hin, daß Mikroorganismen nicht nur direkt über die Luft ihre infektionsverursachende Wirkung ausüben können, sondern auch mit Hilfe der Luft als Vehikel ihren Standort wechseln und danach erst per Kontakt an das Infektionsziel gelangen können. Als Beispiel kann man sich in unmittelbarer Nähe der Operationswunde sedimentierte Keime vorstellen, die dann in das eröffnete Gebiet verschleppt werden, da durch Luftturbulenzen ständig Mikroorganismen von Oberflächen abgelöst werden und anderorts wieder sedimentieren. Diese Beispiele zeigen, daß eine sinnvolle Bekämpfung der Kontaktinfektionen unter Vernachlässigung des aerogenen Übertragungsweges fraglich ist.

Des weiteren muß bedacht werden, daß durch die Fortschritte der Medizin in zunehmendem Maße auch stark resistenzgeschwächte Patienten am Leben erhalten und behandelt werden. Solche Immundefizienzen sind nicht nur bei frühgeborenen Kindern zu finden. Maßnahmen wie lang verweilende Venenkatheter, Sonden in Körperöffnungen, Beatungsmaßnahmen, endoskopische Eingriffe usw. durchbrechen die körpereigene Ab-

wehr. Grundkrankheiten wie angeborene Immuninsuffizienz, (medikamentenbedingte) Agranulozytose oder Panmyelopathie, Leukämien und andere maligne Erkrankungen schädigen das Immunsystem, dessen Abwehr dann im Laufe einer zytostatischen oder Strahlentherapie noch weiter vermindert wird. Auch Organ- oder Knochenmarkstransplantationen sind ohne Immunsuppression undenkbar (27). Solche abwehrgeschwächten Patienten, zu denen auch Kranke mit schweren Verbrennungswunden zählen, sind selbst durch geringe Keimmengen, wie sie etwa durch die Luft übertragen werden können, gefährdet.

Für die Chirurgie weisen ALTEMEIER et al. vom American College of Surgeons (3) darauf hin, daß beispielsweise Dehydratation, Infektionen an anderer Stelle, Schock, Mangelernährung, schwere Adipositas, Urämie, Diabetes mellitus und Steroidtherapie die Wundinfektionsrate von 7,1% bei "normalen" Patienten auf bis zu 22,4% bei Patienten mit schwerer Kachexie angehoben haben. Auch die OP-Dauer spielt eine wichtige Rolle: Eingriffe, die kürzer als 30 Minuten waren, hatten eine Infektionsrate von 3,9%, bei über 6 Stunden waren es 17,6% (3).

ELEK (32) wies vor 25 Jahren bereits darauf hin, daß 10^6 Staphylokokken für das Angehen einer Infektion im gesunden Gewebe notwendig sind. Bei einer offenen Schnittverletzung reichen jedoch 10^4 Keime, bei einer wieder zugenähten nur 10^2 . Rechnet man noch einen der oben angeführten, ungünstigen Faktoren dazu, so werden womöglich noch sehr viel weniger Erreger bereits eine Wundinfektion verursachen können. Damit können auch relativ geringe Keimquantitäten in der Luft zu Gefahrenquellen werden.

Zuletzt sei noch darauf hingewiesen, daß auch durch technische, apparative und bauliche Gegebenheiten der aerogene Infektionsweg an Bedeutung gewinnen kann, wie im Falle der Universitäts-Frauenklinik Hamburg-Eppendorf, wo durch eine fehlerhaft installierte Klimaanlage der gynäkologische OP-Trakt mikrobiell kontaminiert wurde (73).

Im Kap. 1.1.4 wurde bereits auf die Gefahren hingewiesen, die von Befeuchtungssystemen der Inkubatoren, Inhalatoren und Ultraschallvernebler ausgehen können.

Auch ist ein möglicher Luftaustausch mit Keimverschleppung über Schächte und Transportanlagen zu berücksichtigen, besonders wenn durch sie Bereiche unterschiedlichen hygienischen Standards verbunden werden (13). Für solche Bereiche unterschiedlichen Infektionsrisikos ist eine Trennung durch bauliche Maßnahmen wie Schleusen unentbehrlich (38).

Die Weiterentwicklung der Reinraumtechnik in der Chirurgie trägt den von kontaminierter Luft ausgehenden Gefahren Rechnung (2, 11, 14, 19, 20, 35, 44, 46).

Es finden sich bislang nur relativ wenige Untersuchungen, in denen Operationssäle normalen Standards - die nicht mit Sterilboxen ausgestattet sind - im Hinblick auf die lufthygienischen Gegebenheiten untersucht wurden. Im folgenden sollen einige dieser Arbeiten vorgestellt und dabei auf die Kriterien für eine lufthygienische Beurteilung eingegangen werden.

1.2.2 Ziele der vorliegenden Arbeit

Es erhebt sich immer wieder die Frage nach der Relevanz hoher Luftkeimkonzentrationen für die Infektionsrate, da im Einzelfall selten nachzuweisen ist, ob eine Wundinfektion wirklich auf aerogenem Wege entstanden ist. Es ist daher notwendig, quantitative durch qualitative Untersuchungen zu ergänzen, denn nur, wenn sich bei hohen Luftkeimzahlen auch tatsächlich gehäuft nosokomiale Infektionserreger finden, ist der oben genannte Zusammenhang möglich.

Weiterhin ist es wichtig, septische und aseptische Operationen hinsichtlich ihrer Luftkeimquantität und -qualität miteinander zu vergleichen, um eine Gefährdung nachfolgender Patienten auf aerogenem Wege durch ihre "septischen" Vorgän-

ger abzuschätzen.

Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag zur Klärung dieser Probleme liefern.

Zusätzlich könnten aus den Ergebnissen Vorschläge entwickelt werden, wie die hygienischen Verhältnisse in diesem Operationstrakt vielleicht noch verbessert werden könnten.

1.2.3 Gesamtkeimzahl

In der vorliegenden Untersuchung wurde auf eine Unterteilung in primäre, d.h. mit der Zuluft der Klimaanlage eingebrachte, und sekundäre Luftkeime, die anderer Herkunft sind (28, 51), verzichtet und lediglich die Gesamtkeimzahl ermittelt. Sie ist ein gutes Maß zur Einstufung des Reinheitsgrades eines Raumes (75) und gilt außerdem vielen Autoren als Maßstab für die Einschätzung des aerogenen Infektionsrisikos (z.B. 15, 28, 30, 31, 45, 72).

Die Gesamtkeimzahl ist nach DUVLIS (30) und nach DUVLIS und DRESCHER (31) hauptsächlich von drei Faktoren abhängig: der Personenzahl und deren Aktivität im Raume (und damit der von ihnen zu einem bestimmten Zeitpunkt bereits emittierten Keimzahl), der Luftwechselrate pro Stunde und dem Raumvolumen. Die Autoren stellen eine Formel vor, wonach aus diesen drei Parametern die Luftkeimkonzentration zu einer bestimmten Zeit abgeschätzt werden kann.

Für die im Krankenhaus tätigen Chirurgen sind jedoch weniger solche theoretischen Möglichkeiten von Interesse als vielmehr die Frage, ob ihre Operationssäle hygienischen Anforderungen gerecht werden.

In diesem Zusammenhang fordern amerikanische Untersucher (33), daß im Transplantationsbereich die Keimzahl von 10 KBE/m³ und in den übrigen Operationsräumen für infektionsgefährdete Eingriffe 70 KBE/m³ nicht überschritten werden sollten; diese Richtwerte basieren auf Untersuchungen mit dem Ander-

sen-Sampler.

Das Schweizerische Krankenhausinstitut befindet in seinen Richtlinien (zitiert nach 75) für die Transplantations-, Herz-, Gelenk-, Knochen- und plastische Chirurgie bis 10 KBE/m³, für andere Operationsräume bis 200 KBE/m³ noch als akzeptabel (Meßmethode: Slit-Sampler).

Der Deutsche Normenausschuß hat sich nicht auf konkrete Zahlen festgelegt, sondern gibt Hinweise allgemeiner Art (6,45).

Damit sind intraoperative Luftkeimkonzentrationen von über 3000 KBE/m³ (66), um 1000 KBE/m³ (15, 70, 77) und über 2000 KBE/m³ (72), wie sie von verschiedenen Autoren für Operationssäle ohne raumluftechnische Anlage (RLT-Anlage) gefunden wurden, nicht zu akzeptieren.

(Dabei verwendeten SONNTAG et al. (70) das Sartorius-Gerät und den Reuter-Zentrifugal-Sampler, mit denen sie übereinstimmende Ergebnisse erzielten. Die Meßmethoden der anderen Autoren sind im folgenden angegeben.)

Die nachfolgend zitierten Untersuchungen zeigen, daß es auch für konventionell klimatisierte Operationsräume schwierig ist, den oben angegebenen Anforderungen zu genügen:

BOTZENHART und RÜDEN (15) fanden intraoperative Spitzenwerte von über 550 KBE/m³ und einen Mittelwert von ca. 400 KBE/m³ für mehrere Operationsräume mit einer Klimaanlage mit 2-stufiger Filtration und 10- bis 15-fachem Luftwechsel (Meßmethode: Slit-Sampler).

DOHRMANN und KANZ (28) ermittelten Durchschnittswerte von 370 bis 970 KBE/m³ während des Operationsbetriebes (Meßmethode: Slit-Sampler).

THOMAS (72) fand in Operationsräumen, die nach den Empfehlungen der DIN 1946/4 (6) klimatisiert waren, Arbeitsmittelwerte von 192 KBE/m³ (Meßmethode: neukonstruierter Filtrations-Apparat).

RUSSENBERGER und WANNER (66) maßen intraoperativ durchschnittlich etwa 300 KBE/m³ mit Spitzenwerten von ca. 500 KBE/m³ in einem Raum, der mit Elektrofiltern bei 12-fachem

Luftwechsel pro Stunde ausgestattet war. Der Einsatz von Hochleistungsschwebstoff (Hosch)-Filtern und eine Erhöhung auf 20-fachen Luftwechsel verbesserte das Ergebnis in einem anderen Raum auf 60 KBE/m³ im Mittel bzw. über 200 KBE/m³ als Höchstwerte (Meßmethode: Slit-Sampler).

BOTZENHART und HOPPENKAMPS (14) untersuchten zwei orthopädische Operationssäle mit konventioneller RLT-Anlage und 15-fachem Luftwechsel und ermittelten 70 bzw. 140 KBE/m³ als Durchschnittswerte (Meßmethode: Slit-Sampler).

WANNER (77) fand intraoperativ 100 bis 400 KBE/m³ bei Einsatz von Hosch-Filtern und 10fachem Luftwechsel. Trotz der Hosch-Filter und 15facher Luftumwälzung ließ ein anderer Raum sogar 200 bis 600 KBE/m³ mit Spitzen von 800 KBE/m³ erkennen. In einem dritten Raum mit Hosch-Filtern bei 20fachem Luftwechsel war das Ergebnis mit 50 bis 200 KBE/m³ deutlich besser (Meßmethode: Slit-Sampler).

Von diesen Beispielen sind nur einige Durchschnittswerte (66, 77) im Sinne der amerikanischen bzw. Schweizer Richtlinien als akzeptabel anzusehen. (Man sollte jedoch nicht vergessen, daß sicher in jedem klimatisierten Operationssaal Einzelwerte vorkommen, die den oben zitierten Zielvorstellungen genügen.)

1.2.4 Nosokomiale Infektionserreger

Ordnet man die einzelnen Gruppen von Nosokomialinfektionen nach ihrer Häufigkeit, so nehmen die Wundinfektionen nach den Harnwegserkrankungen die zweite Stelle ein. Die Prozentangaben für diese chirurgische Komplikation reichen dabei von 12 (22) über 20 (23) bis zu 25% (24, 63) aller krankenhauserworbenen Infektionen. Die Wundkontamination als Vorstufe der klinisch manifesten Wundinfektion findet sicher noch wesentlich häufiger statt als eine tatsächliche Eiterung (14). Im Einzelfall entscheidet eine Vielzahl von Faktoren über die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Patient an einer postoperativen Wundinfektion erkranken wird. Von größter Bedeutung ist

sicherlich die mögliche Verunreinigung des Operationsgebietes: Während einer großen, prospektiven Studie von BENGTTSSON et al. (11) heilten 48% aller septischen Operationswunden per secundam, bei aseptischen waren es nur 5%. Solche unterschiedlichen Ergebnisse führten zu einer Einteilung der Operationswunden in Beziehung zu ihrer Verunreinigung und damit ihrem erhöhten Infektionsrisiko in sauber (z.B. nicht-traumatisch und nicht-infiziert), sauber-kontaminiert (z.B. Eröffnung von Hohlorganen ohne signifikanten Austritt ihres Inhalts), kontaminiert (z.B. traumatische Wunden oder akute, nicht-eitrige Entzündung) und schmutzig-kontaminiert (z.B. nach traumatischer Perforation von Hohlorganen oder Drainagegebiet eines Eiterherdes) (3).

Nahezu ebenso wichtig ist die gesamte Abwehrlage des Patienten zum Zeitpunkt des Eingriffs. Zahlreiche resistenzmindernde Faktoren wurden schon im Kap. 1.2.1 aufgezählt, zusätzlich wäre noch das höhere Alter zu ergänzen (43, 71).

Als dritte der hauptsächlichen Einflußgrößen beeinflussen noch die Geschicklichkeit und Sorgfalt des Operationsteams im weitesten Sinne die spätere Wundheilung: kurze Operationsdauer (siehe Kap. 1.2.1), einwandfreie Operationstechnik (22) und genaue Beachtung aller die Hygiene betreffenden Vorschriften wie Händedesinfektion, Kleidung, Mundschutz, laufende Desinfektionsmaßnahmen im OP, Vermeiden von Hektik etc. wirken sich letztlich positiv aus.

Die Rate postoperativer Wundinfektionen hängt also von sehr vielen Faktoren ab, welche von einem Krankenhaus zum anderen differieren können. Daher kann die durchschnittliche Häufigkeit von Wundinfektionen auf chirurgischen Abteilungen mit 7 bis 9% (11, 42) nur näherungsweise angegeben werden; weit niedrigere Zahlen von unter 2% in orthopädischen Kliniken (10, 74) und höhere Werte bis 16% für allgemeinchirurgisches Krankengut (71) kommen vor.

Die beiden häufigsten Erregergruppen chirurgischer Wundinfektionen sind Staphylococcus aureus und gramnegative Stäb-

chen (allen voran *Escherichia coli* und *Proteus spec.*). Dabei wird von einigen Autoren (10, 24) den erstgenannten Kokken, von anderen (11, 71) den letztgenannten "Naßkeimen" die erste Stelle eingeräumt.

Für den aerogenen Infektionsweg ist *Staphylococcus aureus* bei weitem wichtiger, da dieser Keim - im Gegensatz zu den gram-negativen Stäbchen - gegen Trockenheit resistenter und damit als typischer Luftkeim anzusehen ist (9). Die Tatsache, daß *Staphylococcus aureus* häufiger in der Raumluft als auf Oberflächen anzutreffen ist (zit. nach 36), wurde mit einer Keimstreuung über Aerosole erklärt, die Bakterienträger beim Husten, Niesen, Sprechen und Atmen von sich geben (70). Dazu kommt, daß nach verschiedenen Untersuchungen 20 bis 80% des Krankenhauspersonals diese Keimart im Nasen-Rachen-Raum beherbergen (zit. nach 60).

Da die Indikatorfunktion hoher Luftkeimkonzentrationen als Maßstab für aerogenes Infektionsrisiko immer wieder angezweifelt wird (siehe Kap. 1.2.2), kann nur die gezielte Suche nach luftgetragenen Erregern nosokomialer Infektionen - ergänzend zur quantitativen Untersuchung - zeigen, inwieweit der Patient während der Operation tatsächlich durch aerogene Infektionserreger gefährdet ist.

Zur Klärung dieses Problems soll die vorliegende Arbeit beitragen.

2. MATERIAL UND METHODEN

2.1 Der Operationstrakt

Die untersuchte chirurgische Operationsabteilung (Abb. 1) ist in einen Alt- und in einen Neubautrakt unterteilt, die zu beiden Seiten eines großen Mittelganges liegen. Vier Türen, die alle nicht nur als Patienten- sondern auch als Materialschleusen dienen, verbinden die Abteilung mit weiteren Räumen des Krankenhauses; eine Tür führt direkt zur operativen Intensivpflegestation.

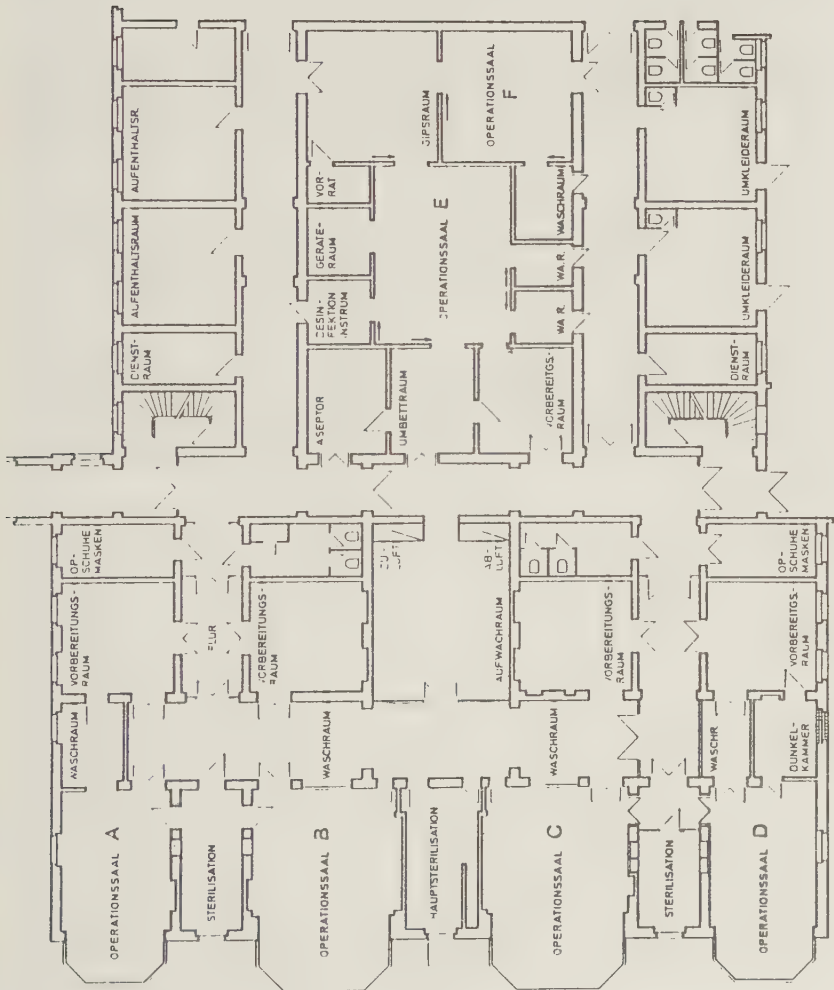
Im Neubautrakt liegen die Operationssäle E und F. Sie sind Funktionseinheiten im Sinne der Richtlinien des Bundesgesundheitsamtes (5); das heißt, sie verfügen über ihre eigenen Wasch- und sonstigen Nebenräume, wobei OP-Saal E etwas großzügiger ausgestattet ist als OP-Saal F. In OP-Saal E finden allgemeinchirurgische Operationen statt, die septischen jeweils im Anschluß an die aseptischen. Danach wird die Einheit abgeschlossen und desinfiziert. OP-Saal F gehört zur orthopädischen Abteilung des Hauses.

Der gesamte Neubautrakt wird von einer konventionellen RLT-Anlage mit dreistufiger Filtration und 15fachem Luftwechsel versorgt.

Demgegenüber verfügt der Altbautrakt nur über eine RLT-Anlage mit zweistufiger Filtration und 10fachem Luftwechsel. Den Kern dieses Gebäudeteils bilden die Operationssäle A, B, C und D. Sie sind nicht entsprechend der Richtlinie des Bundesgesundheitsamtes (5) ausgerüstet, da die Waschgelegenheiten für die Räume B und C im vorgelagerten Flur sind und der zentrale Aufwachraum für alle Operationssäle auf der anderen Flurseite liegt. (Diese Richtlinie sieht für jeden Operationssaal eigene, direkt angeschlossene Wasch-, Ein- und Ausleitungsräume vor sowie einen aus der gesamten Abteilung ausgelagerten Aufwachraum.)

Während OP-Saal C nur für aseptisch-knochenchirurgische Operationen genutzt wird, finden in OP-Saal B im Anschluß an das

Abb. 1: Grundriß der chirurgischen Operationsabteilung



aseptisch-allgemeinchirurgische OP-Programm septische Eingriffe sowohl allgemein- wie knochenchirurgischer Art statt. Nach septischen Operationen wird der Raum geschlossen und mit allen im Raum verbliebenen Instrumenten, Materialien und der Schutzkleidung aller direkt oder indirekt an der Operation beteiligten Personen desinfiziert.

Kleinere knochenchirurgische Eingriffe werden gelegentlich auch in den Räumen B oder E durchgeführt. OP-Saal D gehört zur orthopädischen und OP-Saal A zur urologischen Abteilung des Hauses.

Das Personal darf die Operationsabteilung nur durch die Umkleideräume betreten, welche im Neubautrakt liegen. Dort werden die Krankenhauskleidung gegen eine operationsabteilungsspezifische gewechselt und saubere Schuhe angezogen, die im Operationstrakt verbleiben. Außerdem besteht die Möglichkeit zum Händewaschen und zur Händedesinfektion. Für Arbeitspausen stehen zwei Aufenthaltsräume in der Abteilung zur Verfügung.

2.2 Probenentnahmen aus der Luft

2.2.1 Andersen-Sampler (quantitative Methode)

Bakteriologische Umgebungsuntersuchungen in Operationsräumen, aber auch in anderen Teilen des Krankenhauses werden vorzugsweise unter Einsatz von Abklatschkulturen, Sedimentationsplatten und Samplern vorgenommen (28, 48). Auf die erste Methode, deren Ergebnisse insbesondere als Indikator für die Wirksamkeit von Desinfektionsmaßnahmen dienen, wurde hier verzichtet, da sie hauptsächlich Kontaktkeime erfaßt (28). Zur Ermittlung der Gesamtkeimzahl sind vor allem der Slit-Sampler, der Filtrationsapparat und der Kaskaden-Impaktor in Gebrauch (75). Für die vorliegende Untersuchung wurde die letzte Methode angewandt, da sie als einzige eine Trennung der keimbeladenen Partikel nach ihrer Größe ermöglicht.

Ein solcher Kaskaden-Impaktor ist der Andersen-Sampler. Er saugt die Luft durch einen 6-stöckigen Turm aus übereinandergeschichteten Siebplatten. Jede Siebplatte hat 400 Löcher, deren Durchmesser auf der obersten, ersten Stufe je 1,18 mm beträgt, auf den folgenden Stockwerken je 0,91 mm (zweite), 0,71 mm (dritte), 0,53 mm (vierte), 0,34 mm (fünfte) und 0,25 mm (sechste, unterste Stufe). Sie dienen jedoch nicht dazu, größere Partikel zurückzuhalten, sondern sie regulieren die Geschwindigkeit des Luftstromes; das heißt, mit zunehmender Stufenzahl nimmt die Luftgeschwindigkeit aufgrund des geringer werdenden Porendurchmessers zu.

Unter jedem Sieb steht zur Abscheidung der keimhaltigen Partikel eine Petrischale mit Nährboden.

Auf die erste Petrischale fallen, ihrer Trägheit folgend, nur relativ große Partikel von 8 μ m und darüber. Kleinere Partikel werden vom Luftstrom mitgerissen und aufgrund der sich sukzessive erhöhenden Luftströmungsgeschwindigkeit auf den nachfolgenden Petrischalen abgeschieden, so daß sich die in Abbildung 2 geschilderte Aufteilung ergibt (4, 76).

Nach 48-stündiger Bebrütung bei 37°C werden die Bakterienko-

lonien ausgezählt. Da nahezu alle Luftkeime in einem bestimmten Quantum Luft erfasst werden, handelt es sich um eine quantitative Methode zur Luftkeim-Bestimmung.

Der Luftdurchsatz beträgt 1600 l in der Stunde; bei jeweils 10-minütiger Betriebsdauer - wie sie während dieser Versuchsreihe eingehalten wurde - entspricht dies einem Luftdurchsatz von 266,76 l pro Probenentnahme.



Stufe	Lochdurchmesser [mm]	Luftgeschwindigkeit [m/sec]	Partikelgrößen [µu]
1	1,18	1,08	> 8
2	0,91	1,80	5-10
3	0,71	2,97	3-6
4	0,53	5,28	2-4
5	0,34	12,78	1-2
6	0,25	23,29	<1

Abb. 2: Schematische Darstellung des Andersen-Samplers nach (76)

2.2.2 Nährmedien für den Impaktor

Der Andersen-Sampler wurde abwechselnd mit zwei- und mit dreigeteilten Petrischalen bestückt.

Erstere enthielten zur einen Hälfte Trypton-Soja-Agar mit Zusatz von defibriniertem Hammelblut - 5% Endkonzentration - (Blut-Agar), um auch anspruchsvollen und vom Ansaugvorgang möglicherweise geschädigten Mikroorganismen ein Wachstum zu ermöglichen. Außerdem sollte eine mögliche Hämolyse die spätere Suche nach pathogenen Staphylokokken und Streptokokken erleichtern (8, 47). Die andere Hälfte der Schale bot ein komplexes Medium an, den Trypton-Soja (TS)-Agar¹ (8). Diese

¹ Hersteller: Fa. Oxoid Deutschland GmbH

Blut-TS-Kombination wurde während des gesamten Versuchsprogrammes beibehalten.

Die gedrittelten Petrischalen wurden zum Teil mit Endo-Agar gefüllt. Dieses Medium, ursprünglich von ENDO Anfang des Jahrhunderts zur Isolierung von Typhusbakterien entwickelt, dient heute zur Beurteilung der Laktose-Verwertung durch gramnegative Stäbchen. Die grampositive Begleitflora wird durch den Gehalt an Natriumsulfit und Fuchsin weitgehend unterdrückt (7, 8, 40).

Als zweites Medium sollte Trypton-Soja-Agar mit Kochsalzzusatz - 6,5% Endkonzentration - ein Nährboden mit Selektivwirkung für Staphylokokken sein (47). Da sich nach der ersten Probenentnahme jedoch auf diesem Agar ein genauso starkes Wachstum wie auf dem gewöhnlichen TS-Nährboden zeigte, wurde während der zweiten bis sechsten Entnahmewoche nur noch TS-Agar mit 10%-igem Kochsalzzusatz verwandt.

Das letzte Drittel der Petrischale enthielt zuerst Sabouraud-Dextrose-Agar¹. Das zur Züchtung aller Pilze, aber besonders zur Identifikation pathogener Hautpilze (typische Wuchsformen) geeignete Medium ist auf einen pH-Wert von 5,6 eingestellt, was ein Wachstum von Bakterien unterdrücken soll (7, 8). In der 1. und 2. Entnahmewoche fanden sich nur Bakterien-Kolonien, keine Pilze darauf, so daß der Einsatz eines Differenzierungs-Mediums für Pilze überflüssig erschien. Für die 3. bis 6. Probenentnahme wurde daher der Sabouraud-Agar durch den Eisen-Zweizucker-Agar nach Kligler² ersetzt.

Dieses Medium erlaubt eine Beurteilung der Dextrose- und Laktose-Spaltung durch Umschlag eines Farbindikators, der H₂S-Bildung und der Gasbildung (nur im Schrägröhrchen). In dieser Versuchsreihe sollte der Kligler-Agar Hinweise auf Pseudomonaden geben, die im Unterschied zu der Mehrzahl der übrigen, gramnegativen Darmflora die oben angeführten Zucker nicht abbauen (7, 8).

¹ Hersteller: Fa. Oxoid Deutschland GmbH

² Hersteller: Fa. E. Merck

2.2.3 Sedimentationsplatten (semiquantitative Methode)

Durch Sedimentationsplatten wird die Zahl der sedimentationsfähigen, keimbeladenen Partikel, nicht aber der Schwebkeime ermittelt (28, 48).

Während dieser Untersuchungsreihe wurden Sedimentationsplatten von 9 cm Durchmesser, pro Medium immer 2 Schalen gleichzeitig, ausgelegt (Expositionszeit 1 h).

Während aller Probenentnahmen wurden Blut-Agar, Sabouraud-Dextrose-Agar, Endo-Agar, TS-Agar und Eisen-Zweizucker-Agar nach Kligler exponiert (genauere Beschreibung der Medien siehe 2.2.2.). Lediglich in der 2. Woche mußte aus technischen Gründen auf die TS-Nährböden verzichtet werden. TS-Agar mit 6,5%-igem Kochsalzzusatz wurde - analog zur Bestückung des Impaktors - von der zweiten Woche an durch TS-Agar mit 10%-igem Kochsalzzusatz ersetzt.

Zusätzlich wurde in der ersten bis vierten Woche TS-Agar mit 15%-igem NaCl-Zusatz ausgelegt. Da jedoch kein Wachstum zu beobachten war, wurde für die letzten beiden Probenentnahmen auf dieses Medium verzichtet.

Insgesamt waren dadurch ständig je 12 bis 14 Petrischalen für je eine Stunde an allen vier nachstehend beschriebenen Orten exponiert.

2.2.4 Positionierung der Sedimentationsplatten und des Andersen-Samplers

Um sowohl die unterschiedlichen Operationsdisziplinen Allgemein- und Knochenchirurgie als auch die verschiedenen baulichen Voraussetzungen lufthygienisch beurteilen zu können, wurden im Neubauteil der Operationssaal E und im Altbauteil die Räume B und C für quantitative Luftkeimuntersuchungen ausgewählt. In dem den OP-Sälen B und C vorgelagerten Flur

wurden Sedimentationsplatten ausgelegt.

Letztere standen auf einem 1,80 m hohen Wäscheschrank neben der Tür zum Aufwachraum (Abb. 1).

Im OP-Saal B wurden die Sedimentationsplatten in die rechte Ecke des 1,20 m hohen Fenstervorsprungs plaziert (Abb. 1). Der Andersen-Sampler stand nahe dem Kopfteil des OP-Tisches.

Die Positionierung in OP-Saal C war analog zu der in OP-Saal B.

In OP-Saal E standen die Sedimentationsplatten auf einem kleinen Tisch in der äußersten Ecke des Raumes neben der Tür zum Gipsraum, die immer verschlossen war (Abb. 1). Der Sampler wurde analog zur Positionierung in den OP-Sälen B und C am Kopfteil des OP-Tisches aufgestellt.

2.2.5 Zeitraum

Es wurden im Frühjahr des Jahres 1979 an sechs aufeinanderfolgenden Wochen jeweils montags oder dienstags während des gesamten OP-Programmes Proben entnommen. Die Sedimentationsplatten wurden stets gleichzeitig an den vier oben beschriebenen Orten exponiert, der Andersen-Impaktor konnte jedoch normalerweise nur in einem Operationssaal pro Entnahmetag eingesetzt werden. In der 2. und 3. Woche war das knochenchirurgische Programm in OP-Saal C so früh beendet, daß danach mit dem Sampler in OP-Saal B weitergearbeitet werden konnte.

Die während der Probenentnahmen durchgeführten Operationen wurden protokolliert und die Aufzeichnungen später - besonders im Hinblick auf die klinisch-mikrobiologischen Vorbe-funde - aus den Krankenblättern und Befundberichten ergänzt.

2.3 Aufbereitung des Materials

2.3.1 Bestimmung der Gesamtkeimzahl

Nach 48-stündiger Bebrütung bei 37°C wurden auf jedem Medium die Kolonien ausgezählt und das Ergebnis auf koloniebildende Einheiten (KBE) pro m³ Luft bzw. pro 100 cm² Fläche und 1 h umgerechnet.

Zur Bestimmung der Gesamtkeimzahl diente der Blut-Agar, der die meisten KBE aufwies (Begründung siehe 2.2.2).

Aus solchen Einzelwerten wurden die in Kapitel 3. näher erläuterten Mittelwerte errechnet.

2.3.2 Qualitative Untersuchung (biochemische Differenzierung)

2.3.2.1 Gramnegative Stäbchen (Enterobacteriaceae und Pseudomonadaceae)

Im Vordergrund der qualitativen Untersuchungen stand die Suche nach nosokomialen Infektionserregern und nicht die Aufgabe, einen repräsentativen Querschnitt der gesammelten Luftkeime zu identifizieren.

Von allen auf Endo-Agar gewachsenen Kolonien wurde ein Grampräparat angefertigt, um so die gramnegativen Stäbchen festzustellen. Diese wurden mit dem API 20 E-System¹ nach den Angaben der Firma API identifiziert.

Zusätzlich wurde auf laktoseverwertende, grampositive Kokken geachtet (siehe Kap. 2.3.2.2).

¹ Hersteller: Fa. API

2.3.2.2 Fäkalstreptokokken (u.a. *Streptococcus faecalis*)

Es wurden alle morphologisch verdächtigen Kolonien (d.h. auf Endo-Agar gewachsene, laktoseverwertende, grampositive Kokken) untersucht. Sie wurden in Aesculinbouillon gegeben und nach 24-stündiger Bebrütung bei 37°C nahm die vorher gelbliche Lösung im positiven Falle eine grünschwärze Farbe an. Fäkalstreptokokken spalten Aesculin, ein Glycosid, in Aesculetin und Traubenzucker, was letztlich bei Anwesenheit von dreiwertigem Eisen zu einem stark grünschwärz gefärbten Niederschlag führt (40, 62).

2.3.2.3 Micrococcaceae

2.3.2.3.1 Auswahl

Auch bei der Differenzierung der Micrococcaceae war es das Ziel, nosokomiale Infektionserreger aufzufinden.

Von jeder Operation wurden bis zu 5, auf Blut-Agar gewachsene Kolonien mit einer möglichst ausgeprägten β -Hämolysen ausgewählt.

Da der Andersen-Sampler nur bei 22 Operationen zum Einsatz kam, die Sedimentationsplatten dagegen bei 59, waren von 254 ausgewählten Mikroorganismen nur 60 mit der Impaktions- und 194 mit der Sedimentationsmethode gesammelt worden.

Zuerst wurde von jedem Erreger ein Grampräparat angefertigt: grampositive Kokken wurden entsprechend Abbildung 3 weiterverarbeitet und gramnegative Stäbchen mit Hilfe des API-Systems identifiziert (siehe Kap. 2.3.2.1).

2.3.2.3.2 Prüfung auf anaerobes Wachstum

Die Prüfung auf anaerobes Wachstum erfolgte in einem Anaerobiertopf, der nach dem Prinzip von BREWES und ALLGEIER funktioniert (beschrieben in 40). Dabei entfernt ein Katalysator

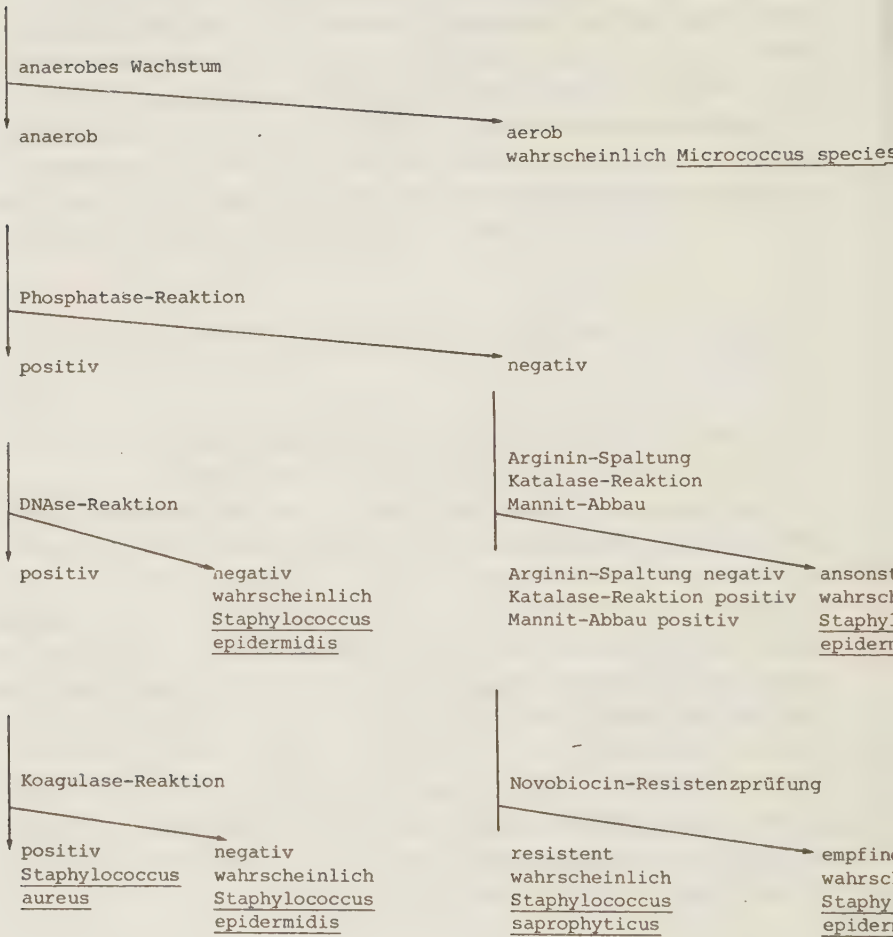


Abb. 3: Schema zur Weiterverarbeitung der grampositiven, β -hämolytischen Keime

den Sauerstoff durch Oxidation von Wasserstoff aus der Kulturkammer. Ein Reagenzgemisch liefert ständig H_2 nach und bildet außerdem CO_2 , um das Wachstum CO_2 -bedürftiger Anaerobier zu begünstigen. Die Anaerobiose wird mit Hilfe eines beigelegten Redox-Indikators kontrolliert.

Dieser Topf wurde mit auf Trypton-Soja-Agar ausgestrichenen Kolonien beschickt und 24 h bei 37°C bebrütet. Die fakultativ anaeroben Staphylokokken zeigten deutliches Wachstum (79) und wurden entsprechend Abb. 3 weiterdifferenziert. Die anderen, offensichtlich aeroben Keime wurden *Micrococcus spec.* genannt.

2.3.2.3.3 Staphylokokken

2.3.2.3.3.1 Staphylococcus aureus

Bei Staphylokokken gilt der Nachweis der Enzyme Phosphatase, DNase und Plasmakoagulase als Kriterium für Pathogenität (8, 40, 47, 54, 79). Ein als *Staphylococcus aureus* identifizierter Keim mußte alle 3 Merkmale aufweisen.

Zum Nachweis der Phosphatase wird mit Phenolphthaleinphosphat-Lösung 1% angereicherter Trypton-Soja-Agar beimpft und 24 h bei 37°C bebrütet. Währenddessen spalten pathogene Staphylokokken das Phenolphthaleinphosphat und setzen Phenolphthalein frei. Dieser pH-Indikator färbt die Bakterienkolonie rosa, sobald man die Platte über eine offene Flasche mit Ammoniakwasser hält (8, 40, 53, 67).

Ein DNA enthaltender Agar¹ wird mit dem zu untersuchenden Keim beimpft und wie oben bebrütet. Pathogene Staphylokokken zerlegen die DNA in ihrer Umgebung mittels ihrer DNase in Nukleotide. Nach vorsichtiger Überflutung des Agars und der

¹ Hersteller: Fa. Oxoid Deutschland GmbH

Kolonien mit 1 n Salzsäure zeigt sich eine klare Aufhellung des Nährbodens bei Anwesenheit von Nukleotiden. Nukleinsäure dagegen trübt das Medium durch Ausfällung.

Um die Plasmakoagulase nachzuweisen, wurde zuerst eine Nährbouillon mit den zu untersuchenden Staphylokokken beimpft und 24 h bei 37°C bebrütet. Danach wurde sie mit Kaninchenplasma¹ zu gleichen Teilen vermennt, bebrütet und nach 2, 4 und 24 h auf Plasmakoagula hin überprüft (40).

2.3.2.3.2 Staphylococcus saprophyticus

Die Staphylococcus saprophyticus-Stämme wurden mit Hilfe von folgenden vier Merkmalen aus den Phosphatase-negativen Keimen ausgewählt (54).

- kein Abbau von Arginin
- Vergärung von Mannitol (und Wachstum auf Mannitol-Kochsalz-Agar)
- positive Katalase-Reaktion
- Novobiocin-Resistenz

Ein mit Arginin angereichertes Basalmedium wird beimpft und im Anaerobiertopf (siehe Kap. 2.3.2.3.2.) bei 37°C 2 Tage lang bebrütet. Bakterien, welche das Enzym Arginindihydrolase haben, spalten dann die Aminosäure zu CO_2 und NH_3 , was an dem Umschlag eines Farbindikators abzulesen ist (40).

Der Mannitol-Kochsalz-Agar wurde von CHAPMAN (21) zur Selektion pathogener Staphylokokken aus Nahrungsmitteln entwickelt. Ein Basalmedium ist mit 7,5% NaCl, 1% Mannitol und dem Indikator Phenolrot angereichert. Nach Beimpfung und Bebrütung bei 37°C für 36 h zeigt ein Farbumschlag den Abbau des Zuckers zu Säure an (7, 8, 18, 40).

¹ Hersteller: Institut Pasteur, Dr. E. Fresenius KG

Auf eine beimpfte und 24 h bei 37°C inkubierte TS-Agar-Kultur werden anschließend einige Tropfen 3%-ige Wasserstoffperoxyd-Lösung gegeben. Katalase-produzierende Mikroorganismen können dieses Zellgift in Wasser und Sauerstoff zerlegen. Die Gasbildung zeigt sich durch lebhaftes Bläschenbildung an (40).

Um die Novobiocin-Resistenz zu prüfen, wird der zu untersuchende Keim zunächst in einer Standardbouillon angereichert. Diese Lösung wird auf TS-Agar überimpft, ein mit 30 µg Novobiocin getränktes Blättchen¹ aufgelegt und 24 h bei 37°C bebrütet. Der Bakterienrasen spart nur die Zone um das Blättchen aus, wo das Antibiotikum in noch wirksamen Konzentrationen hindiffundieren konnte. Diese Hemmzone wird in mm Durchmesser festgestellt und der Keim entsprechend den Angaben des Herstellers (meist DIN-Werten) als empfindlich, mäßig empfindlich oder resistent angegeben.

2.3.2.3.3.3 Staphylococcus epidermidis

Alle Staphylokokken, die nicht entsprechend der beiden vorangegangenen Kapitel als Staphylococcus aureus oder als Staphylococcus saprophyticus identifiziert waren, wurden als Staphylococcus epidermidis bezeichnet (Abb. 3).

2.3.2.4 Resistogramme

Nahezu alle Keime wurden nach dem oben angegebenen Agardiffusionstest-Verfahren auf ihre Resistenz gegen folgende Antibiotika² geprüft: Erythromycin 15 µg, Tetracyclin 30 µg, Gentamycin 10 µg, Nalidixinsäure 30 µg, Carbenicillin 100 µg,

1 Hersteller: Becton Dickinson Company

2 Hersteller: Becton Dickinson Company

Penicillin G 10 µg, Lincomycin 15 µg, Nitrofurantion 100 µg, Ampicillin 10 µg, Oxacillin 5 µg, Cephalotin 30 µg, Chloramphenicol 30 µg.

3. ERGEBNISSE

3.1 Luftmikrobiologisch untersuchte Operationen

3.1.1 Übersicht

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die während der sechs Entnahmetage durchgeführten Operationen.

Es wurden demnach 59 Operationen luftmikrobiologisch untersucht, von denen 10% septischen Charakter hatten. Die Diagnose "septisch" war in 5 von 6 Fällen vorher bereits bekannt. Eine weitere Unterteilung in "hoch aseptisch" und "bedingt septisch" wurde bewußt vermieden, weil diese Begriffe unklar definiert sind.

OP-Disziplin	Gesamtzahl	septische Operationen	aseptische Operationen
Gesamtzahl	59	6	53
Allgemeinchirurgie	37	2	35
Knochenchirurgie	22	4	18

Tab. 1: Übersicht über Zahl und Art der operativen Eingriffe

Die Tabellen 2 bis 4 geben die durchgeführten Eingriffe in chronologischer Reihenfolge wieder. Von jedem Patienten ist das Geschlecht, das Alter, die klinisch-mikrobiologische Anamnese (Befunde und Antibiotika-Therapie vor der OP) und das zur Operation führende Grundleiden mit eventuell resistenzmindernden Zusatzerkrankungen aufgeführt. Aus der Art des Eingriffs geht nahezu immer hervor, ob er der Allgemein- oder Knochenchirurgie zuzuordnen ist. Lediglich bei den Operationen Nr. 10 und 48, Excision eines Ganglions an der Hand, bestanden Zweifel; sie wurden letztlich der Allgemeinchirurgie zugerechnet.

3.1.2 Allgemeinchirurgie

Die Tabellen 2 bis 4 zeigen, daß alle allgemeinchirurgischen Eingriffe in den OP-Sälen B und E stattfanden. Von den beiden septischen Operationen wurde Nr. 50 in OP-Saal E anschließend an das aseptisch-allgemeinchirurgische Programm durchgeführt. Bei Operation Nr. 34 in OP-Saal B stellte sich erst intra operationem heraus, daß ein Gallenblasenempyem vorlag. Von den 37 allgemeinchirurgischen Operationen wurden 16 an Männern und 21 an Frauen durchgeführt. Erstere hatten ein Durchschnittsalter von 53 (28 bis 74) und letztere von 54 (17 bis 78) Jahren.

3.1.3 Knochenchirurgie

Den Tabellen 2 bis 4 ist zu entnehmen, daß die meisten aseptischen knochenchirurgischen Operationen in OP-Saal C vorgenommen wurden, mit Ausnahme der kleinen Eingriffe Nr. 17, Fingeramputation, in OP-Saal B und Nr. 38, Osteochondrom-Exstirpation, in OP-Saal E. Alle septischen knochenchirurgischen Operationen Nr. 5, 18, 26 und 27 fanden im Anschluß an das aseptische allgemeinchirurgische Programm in OP-Saal B statt. Die Operationen Nr. 26 und 27 wurden hier hintereinander durchgeführt.

Von 22 knochenchirurgischen Eingriffen wurden 8 an Männern und 14 an Frauen vorgenommen. Die Patienten hatten ein Durchschnittsalter von 43 (14 bis 80) und die Patientinnen von 56 (13 bis 77) Jahren.

3.1.4 Klinisch-mikrobiologische Anamnese

Fünf von den sechs "septischen" Patienten der Allgemein- und der Knochenchirurgie hatten einen klinisch-mikrobiologischen Vorbefund (Tabellen 2 bis 4); die Ausnahme war die Patientin mit der OP-Nr. 34.

Zwei andere Patienten, an denen aseptische knochenchirurgische Eingriffe vorgenommen wurden (OP-Nr. 54 und 55), waren zum Zeitpunkt der Operation bereits genesen. Der erste Patient (OP-Nr. 54) hatte 1977 ein Erysipel am Arm gehabt, das antibiotisch behandelt wurde. Da keine genaueren Informationen über Keimart und Antibiotika vorlagen, wurde diese anamnestische Angabe in der Tabelle 4 nicht erwähnt. Der Vorbefund des zweiten Patienten (OP-Nr. 55) ist der Tabelle 4 zu entnehmen. Für die restlichen 51 Patienten waren keine mikrobiologischen Befunde erhoben worden.

Tab. 2: In der 1. und 2. Entnahmewoche durchgeführte Eingriffe in chronologischer Reihenfolge

OPERATION					PATIENT					
Datum	Nr.	Saal			Eingriff	Geschl.	Alter (Jahre)	zur OP führende Grundleiden	mikrobiolog. Vorbefund	Antibiotika vor OP
		B	C	E						
5. 3. 79	1	B			Halslymphknotenexstirpation wegen Malignom Verdacht	m	39	Struma, Strumarezi-div (2. OP)	-	-
"	2	B			Herniotomie	m	58	rezidiv. Hernia ingui-nalis re	-	-
"	3	B			Cholezystektomie	w	64	Cholelithiasis	-	-
"	4	B			PL, Spülkatheter-Ein-lage	w	75	Magen-Ca, Peritoneal-carcinose	-	-
"	5	B			Inzision, Oberschenkel-abszeß	w	72	Osteomyelitis	Wundabstrich S. aureus	-
"	6		C		Osteosynthese, Ober-schenkelhals	w	75	Oberschenkelhals-fraktur, Z. n. Tbc	-	0,2 g Isonico-linsäurehydra-zid (INH)/die
"	7		C		Kompressionsschrauben, Tibia	m	14	epiphysäre, distale Tibiafraktur	-	-
"	8		C		Rippenresektion	m	29	Osteolyse der 12. Rippe li.	Virusserolo-gie	-
"	9		C		Metallentfernung, Knö-chel	w	56	Z.n. Sprunggelenk-fraktur	-	-
"	10			E	Ganglionexcision, re. Hand	m	53	Ganglion, re. Hand	-	-
"	11			E	Subtotale Strumaresek-tion, bds.	w	64	Struma nodosa bds.	-	-
"	12			E	Varizektomie, re.	w	28	Varizen, re.	-	-
"	13			E	Anus praeter	m	69	Z.n. Radiatio, Anal-Ca	Katheter-Urin:Entero-kokken	-
"	14			E	Rectumfistel-OP	w	48	Rectumfistel	-	-
"	15			E	Hämorrhoidektomie	m	67	Hämorrhoiden	-	-
13. 3. 79	16	B			Lipomexstirpation, re. Axilla	w	49	Lipom, re. Axilla	-	-
"	17	B			Fingeramputation	m	80	Tumor am Finger	-	-
"	18	B			Stabilisierung infiz. Osteosynthese, re. Unterschenkel	w	53	Z.n. Unterschen-kelfraktur, Z.n. eitrig-nekro-tisierender Sinusitis mit mehreren OPs und Olfaktorius-neuroepithelios	Wundabstrich, Eiter: S. au-reus, Wundabstrich S. aureus	Doxycyclin, Gentamycin i.m., Gentamycin (Spül-Saug-Dr.)
"	19		C		Metallentfernung, li. Fuß	m	30	Z.n. Spontanfrak-tur, Os metacarp. I, li. bei Enchondrom	-	-
"	20		C		Metallentfernung, re. Oberschenkelhals	w	75	Z.n. Schenkelhals-fraktur, re.	-	-
"	21			E	Herniotomie	m	40	Leistenhernie, re.	-	-
"	22			E	Appendektomie	w	17	Appendicitis acuta	-	-
"	23			E	Sigmoidektomie	w	75	Sigmatumor	-	(Studie) 4x2 g Cepha-losporin

Tab. 3: In der 3. und 4. Entnahmewoche durchgeführte Eingriffe in chronologischer Reihenfolge

OPERATION					PATIENT					
Datum	Nr.	Saal			Eingriff	Geschl.	Alter (Jahre)	zur OP führende Grundleiden	mikrobiolog. Vorbefund	Antibiotika vor OP
		B	C	E						
9. 3. 79	24	B			tot. Gastrektomie, Ösophago-Jejunostomie	m	60	Magen-Ca-Rezidiv (Z.n. B II), Niereninsuff., Anämie, Rezidiv-Herzinfarkt	-	-
"	25	B			Anus praeter	m	74	bestrahtetes, zerfallenes Rectum-Ca	-	-
"	26	B			Vorfußamp. re. wegen Phlegmone	w	59	Vorfußphlegmone bei diabet. Gangrän	Wundabstrich: Enterokokken 2 x Coligruppe	Ampicillin, 1978 Amoxycillin Cephalexin Gentamycin
"	27	B			Oberschenkelnachamp. bei Osteomyelitis	m	48	Osteomyelitis bei Z.n. Oberschenkelamputation	Wundabstrich: Eiter: ß-häm. Streptokokken, S. aureus	Oxacillin, 1978 Cefuroxim, 1978 Ampicillin Amoxycillin
"	28		C		Osteosynthese, re. Arm	w	77	Radiusköpfchen- u. Olecranon-Fraktur	-	-
"	29		C		Plattenosteosynthese, re. Bein	w	38	Unterschenkel-Refaktur re.	-	-
"	30		C		Metallentfernung, re. Knöchel	w	65	Z.n. Sprunggelenkfraktur re.	-	-
"	31			E	Cholecystektomie	w	46	Cholecystolithiasis	-	-
"	32			E	Cholecystektomie, Choledochotomie	w	78	Cholecysto-, Choledocholithiasis	-	-
"	33			E	Hämorrhoidektomie	m	67	Hämorrhoiden-Rezidiv, Analprolaps	-	-
7. 3. 79	34	B			Cholecystektomie	w	72	Cholecystolithiasis, Gallenblasenempyem	-	-
"	35	B			Cholecystektomie, Choledochotomie	w	71	akutes Abdomen	-	-
"	36		C		Osteosynthese, li. Tibia	m	25	Tibiafraktur, li. proximal	-	-
"	37		C		Metallentfernung, li. Arm	w	65	Z.n. Ulnafraktur li.	-	-
"	38			E	Osteochondrom-Exstirpation	w	18	Osteochondrom li. proximal, Fibula	-	-
"	39			E	Billroth I	w	57	chron. Ulcus duodeni	-	-
"	40			E	Hämorrhoidektomie (Milligan-Morgan)	w	31	Hämorrhoiden	-	-

Tab. 4: In der 5. und 6. Entnahmewoche durchgeführte Eingriffe in chronologischer Reihenfolge

OPERATION					PATIENT					
Datum	Nr.	Saal			Eingriff	Geschl.	Alter (Jahre)	zur OP führendes Grundleiden	mikrobiolog. Vorbefund	Antibiotika vor OP
		B	C	E						
2. 4. 79	41	B			Cholecystektomie	m	50	Cholecystolithiasis, Hydrops	-	-
"	42	B			Narbengranulom-Excision	w	28	Narbengranulom	-	-
"	43	B			Cholecystektomie	w	43	Cholecystolithiasis	-	-
"	44	B			Rückverlegung, Anus praeter	w	76	Anus praeter	-	-
"	45		C		Osteosynthese, li. Arm (Spicknaht), Fixation nach Witt	w	13	Radiusköpfchenfraktur li.	-	-
"	46		C		Metallentfernung, li. Oberschenkel	w	51	Z.n. Oberschenkelhalsfraktur	-	-
"	47			E	Enukleation (Struma)	m	45	Autonomes Schilddrüsen-Adenom re. u. kalter Knoten li., Knotenstruma	-	-
"	48			E	Ganglionexstirpation, re Hand	m	45	Ganglion, re. Hand	-	-
"	49			E	Cholecystektomie, Lipomexstirpation	m	28	Cholecystolithiasis, 2 Lipome	-	-
"	50			E	Eröffnung subphrenischer Abszesse	m	47	subphrenische Abszesse, ikterus	S. aureus	-
10. 4. 79	51	B			Billroth II	m	66	Ulcus ventriculi-Perforation, Blutung	-	-
"	52	B			Probeexcision (Mamma)	w	32	Mammatumor (kein Ca)	-	-
"	53	B			Vagotomie, Pyloroplastik	m	38	Ulcus duodeni	-	-
"	54		C		Oberschenkelkopf-Endoprothese li.	w	68	Oberschenkelhalsfraktur li.	-	-
"	55		C		Wundrevision u. Spongiosaplastik, Fixateur externe	m	66	Z.n. infiz. Unterschenkelchaft-Fraktur li., mehrfache Osteosynthesen und Spongiosaplastik	Wundabstrich: Corynebakteriegruppe (Februar 1979)	Ampicillin Flucloxacillin Amoxycillin
"	56		C		Osteosynthese, li. Fibula	m	49	Fibula-Verrenkungs-Fraktur	-	-
"	57			E	Subtotale Strumaresektion	w	49	Struma diffusa	-	-
"	58			E	Subtotale Gastrektomie, Milz-Netz-Exstirpation	w	66	Antrum-Ca	-	-
"	59			E	Rectumresektion nach Dixon, Anus praeter	w	71	Rectum-Ca	-	(Studie) Cefoxitin

3.2 Luftkeimkonzentrationen

3.2.1 Luftkeimkonzentrationsprofile - nach Räumen geordnet

3.2.1.1 Sedimentationsverfahren

3.2.1.1.1 Medium: Blut-Agar

Die mit der semiquantitativen Sedimentationsmethode auf dem Medium Blut-Agar gewonnenen Keimprofile sind in Abbildung 4 für alle sechs Untersuchungstage dargestellt. Zusätzlich ist der Zeitraum der septischen Operationen gekennzeichnet, und es wird hervorgehoben, wo ein nosokomialer Infektionserreger gefunden wurde.

Die Tabelle 5 gibt für die drei OP-Säle und den Flur sowie für die Medien Blut-Agar, TS-Agar, Kligler-Agar und Kochsalz-Agar den Durchschnittswert aus allen Probenentnahmen wieder und erleichtert so einen Vergleich der Räume und der Nährmedien untereinander. Die im Verhältnis zum zugehörigen Mittelwert hohe oder niedrige Standardabweichung weist auf eine stark oder weniger ausgeprägte Streuung der Einzelwerte um ihren Mittelwert hin.

	Blut-Agar	Trypton-Soja-Agar	Kligler-Agar	Kochsalz-Agar
OP-Saal B	31 $\pm$ 20	30 $\pm$ 20	29 $\pm$ 22	13 $\pm$ 8
OP-Saal C	22 $\pm$ 15	22 $\pm$ 16	16 $\pm$ 14	9 $\pm$ 9
OP-Saal E	16 $\pm$ 19	12 $\pm$ 6	14 $\pm$ 16	5 $\pm$ 3
Flur	33 $\pm$ 14	30 $\pm$ 12	22 $\pm$ 13	13 $\pm$ 8

Tab. 5: Durchschnittliche Luftkeimkonzentration in jedem OP-Saal mit Standardabweichung KBE/100 cm² x h
Methode: Sedimentationsverfahren

Die Luftkeimkonzentrationen in Abbildung 4 schwanken innerhalb eines breiten Rahmens von 2 (2. Entnahme, 3. Woche, OP-Saal E) bis 116 KBE/100 cm² x h (5. Entnahme, 1. Woche, OP-

Saal E). Sowohl bei septischen als auch bei aseptischen Operationen sind hohe und niedrige Keimpegel zu beobachten. Während die in den ersten drei Entnahmewochen in OP-Saal B ausgeführten 4 septischen knochenchirurgischen Operationen eindeutig einen Trend zu höheren Werten zeigen, kann diese Beobachtung für die beiden septischen allgemeinchirurgischen Operationen in der vierten und fünften Woche nicht bestätigt werden. Es kann daher nicht festgestellt werden, daß bei septischen Eingriffen ein überdurchschnittlich hoher Kontaminationsgrad der Raumluft zu beobachten ist. Auffallend ist weiterhin die geringe Zahl nosokomialer Infektionserreger. Eine Häufung bei den septischen Operationen ist wegen der kleinen Anzahl nicht nachzuweisen. Von 7 nosokomialen Infektionserregern entfallen 3 auf 6 septische und 4 auf 53 aseptische Eingriffe (Abb. 4).

Vergleicht man mit Hilfe der Tabelle 5 die drei OP-Säle und den Flur untereinander, so sind die durchschnittlichen Keimkonzentrationen auf Blut-Agar für OP-Saal B und Flur nahezu gleich hoch, der OP-Saal E des Neubautraktes hat dagegen nur halb so hohe Pegel. Operationsraum C - wie OP-Saal B und der Flur dem Altbautrakt zugehörig - liegt zwischen diesen Extremen.

3.2.1.1.2 Medien: Trypton-Soja-Agar, Kligler-Agar und Kochsalz-Agar

Drei weitere Luftkeimkonzentrationsprofile, gewonnen mit Sedimentationsplatten, sind für das Medium Trypton-Soja-Agar in Abbildung 5, für TS-Agar mit Zusatz von NaCl (1. Woche: 6,5% NaCl; 2. bis 6. Woche: 10% NaCl; siehe Kap. 2.2.3.) in Abb. 6 und für Eisen-Zweizucker-Agar nach Kligler in Abb. 7 dargestellt. Nosokomiale Infektionserreger wurden auf diesen Nährmedien nicht nachgewiesen.

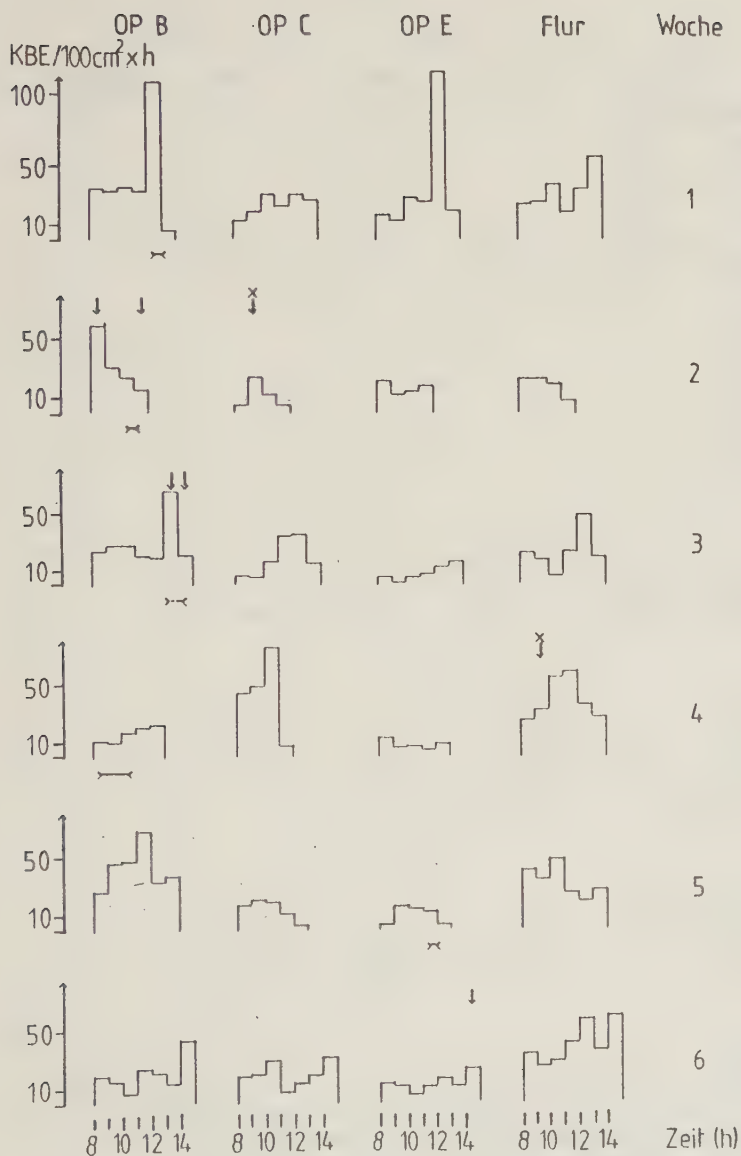


Abb. 4: Luftkeimkonzentrationsprofile des Sedimentationsverfahrens auf dem Nährmedium Blut-Agar [KBE/100 cm² x h]

Erläuterungen:

— Zeitraum einer septischen Operation

↓ Nachweis von nosokomialen Infektionserregern in der Luft (siehe auch Abb. 8)

↓ Identifizierung von nosokomialen Infektionserregern nicht auf Blut-Agar, sondern auf Endo-Agar

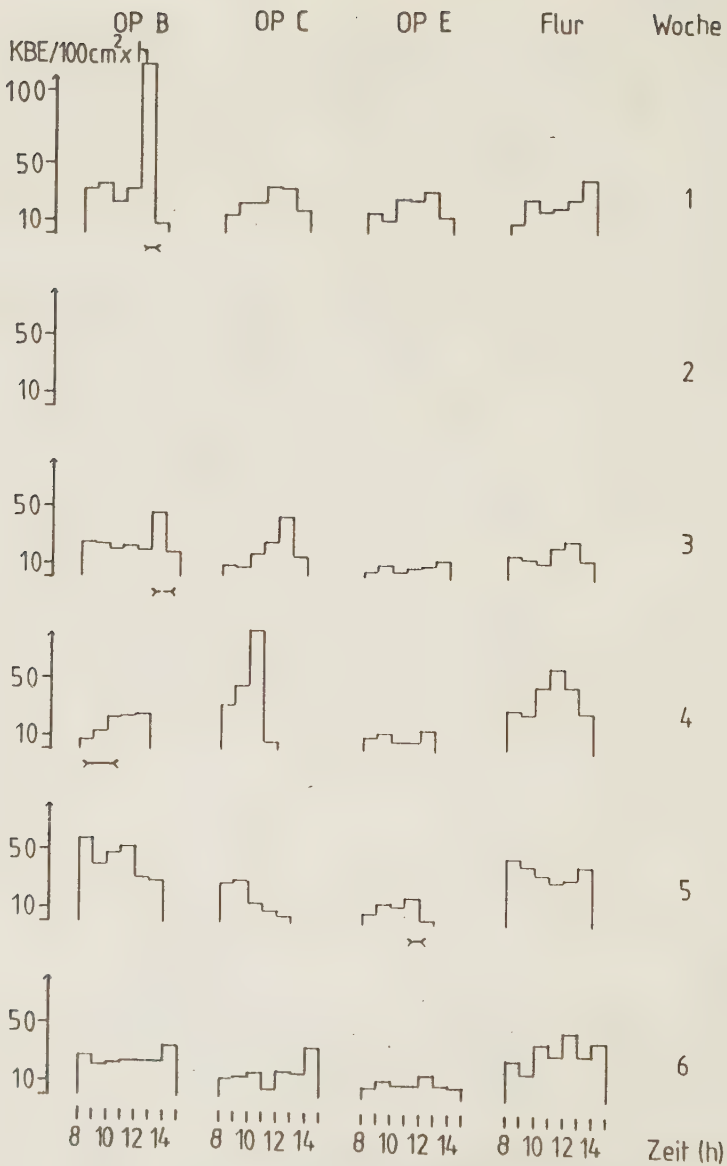


Abb. 5: Luftkeimkonzentrationsprofile des Sedimentationsverfahrens auf dem Nährmedium TS-Agar [KBE/100 cm² x h]

Erläuterungen: siehe Abb. 4

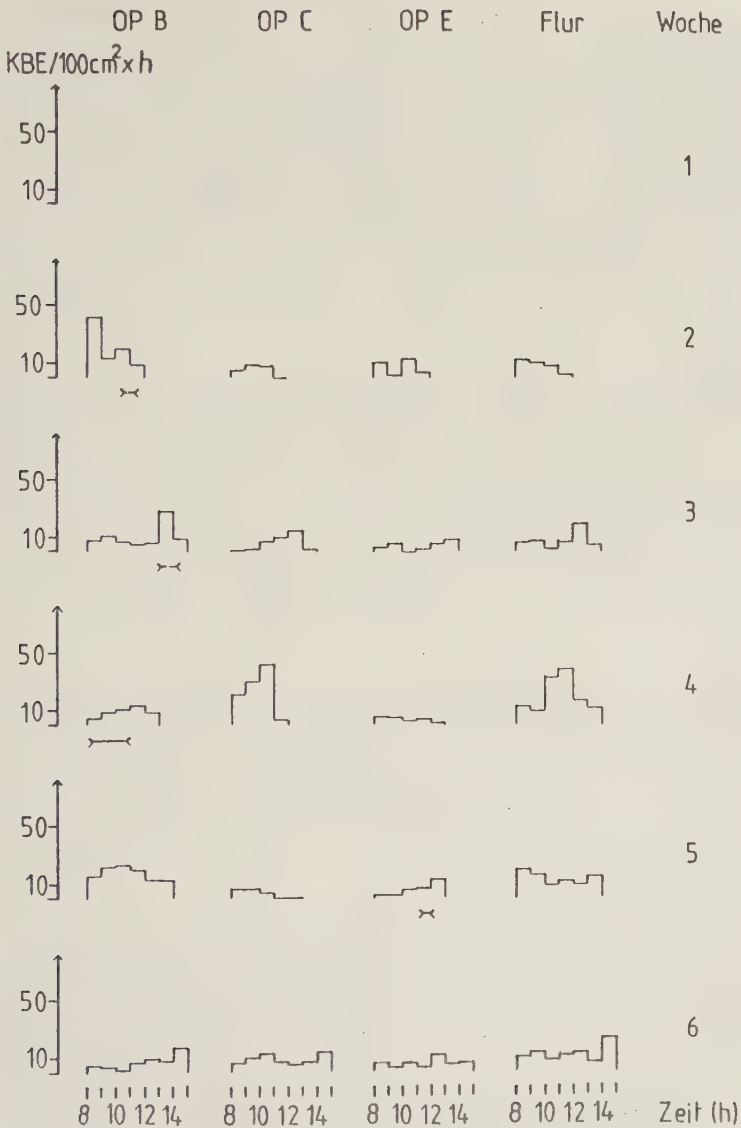


Abb. 6: Luftkeimkonzentrationsprofile des Sedimentationsverfahrens auf dem Nährmedium Kochsalz-Agar [KBE/100 cm² x h]

Erläuterungen: siehe Abb. 4

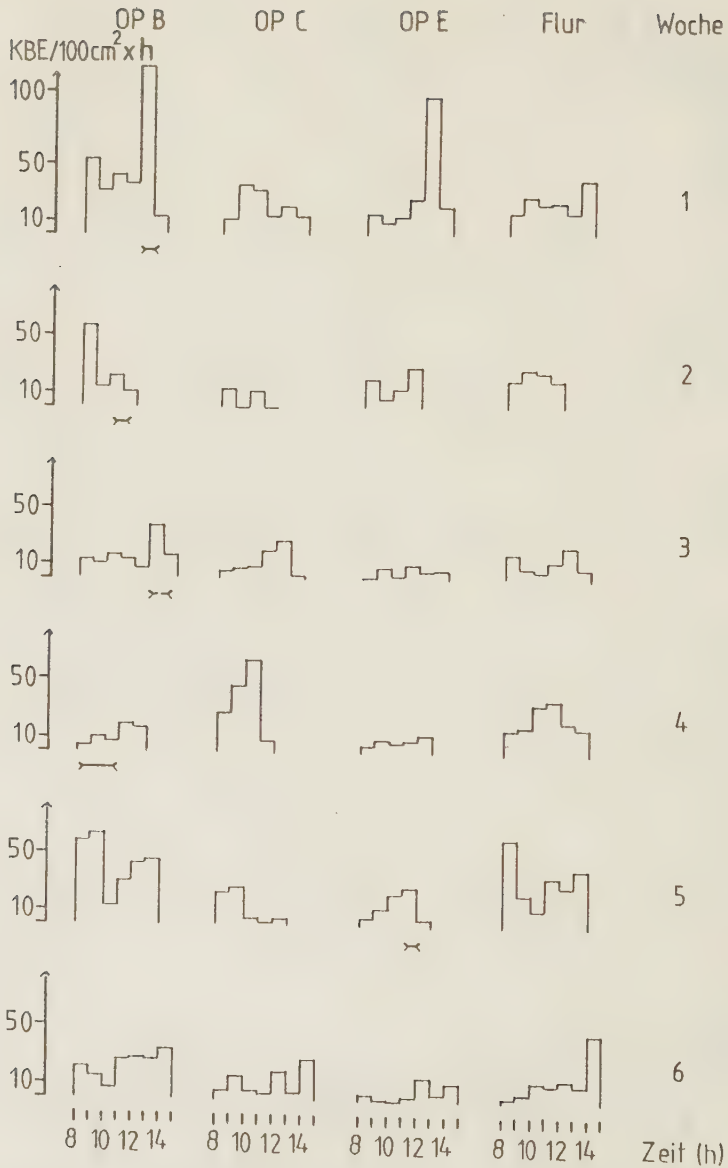


Abb. 7: Luftkeimkonzentrationsprofile des Sedimentationsverfahrens auf dem Nährmedium Kligler-Agar [KBE/100 cm² x h]

Erläuterungen: siehe Abb. 4

Für TS-Agar liegen die Keimzahlen zwischen 4 (5. Entnahme, 5. Woche, OP-Saal E) und 118 KBE/100 cm² x h (5. Entnahme, 1. Woche, OP-Saal B), ähnlich wie für Blut-Agar. Auch im Verlauf der Profile zeigen die Abbildungen 4 und 5 eine ausgeprägte Parallelität. Daneben ist der im vorigen Kapitel bereits erwähnten Tabelle 5 zu entnehmen, daß auch durchschnittlich auf TS-Agar nahezu gleich hohe Keimzahlen wie auf Blut-Agar sedimentiert sind.

Während die Abbildung 7 für Kligler-Agar einen den Abbildungen 4 und 5 sehr ähnlichen Verlauf des Keimprofiles aufweist, liegen die Zahlen hier jedoch etwas niedriger als bei den beiden vorgenannten Nährböden. Das zeigen insbesondere die Mittelwerte der Tab. 5. Die Extremwerte von 0 (z.B. 2. Entnahme, 2. Woche, OP-Saal C) und 117 KBE/100cm²xh (5. Entnahme, 1. Woche, OP-Saal B) umfassen aber noch einen ähnlich weiten Bereich wie Blut- und TS-Agar.

Mit einem Höchstwert von 42 KBE/100cm²xh (3. Entnahme, 4. Woche, OP-Saal C) liegen die Zahlen der auf 10%-igem Kochsalz-Agar sedimentierten Keime in Abbildung 6 wesentlich niedriger als auf den drei vorgenannten Nährböden.

Nach Tab. 5 ist die Keimausbeute etwa halb so hoch wie für Kligler-Agar.

Insgesamt weisen die Abbildungen 4 bis 7 sehr ähnliche Verläufe über die Zeit auf. Dies ist von Interesse nicht nur bezüglich der septischen Operationen, von denen die knochen-chirurgischen auf allen Nährmedien erhöhte, die allgemein-chirurgischen jedoch geringere Werte zeigen (siehe auch Tab. 11), sondern auch für die hygienische Beurteilung der drei OP-Säle sowie des Flurs; der Operationssaal B und der Flur erzielten nahezu die gleichen, sehr hohen Keimzahlen, während OP-Saal E mit nur halb so hohen Werten der keimärmste Raum war. Für die einzelnen Nährböden ist die absolute Höhe der Keimausbeute auch wieder unterschiedlich: Blut- und TS-Agar weisen die höchsten Bakterienzahlen auf (Tab. 5), dicht ge-

folgt von Kligler-Agar. Der 10%-ige Kochsalz-Agar erbrachte erwartungsgemäß deutlich niedrigere Werte.

3.2.1.2 Impaktionsverfahren

3.2.1.2.1 Medium: Blut-Agar

Abbildung 8 zeigt die mit dem Andersen-Sampler ermittelten Luftkeimkonzentrationsprofile auf dem Medium Blut-Agar. Wiederum sind die septischen Operationen sowie der Nachweis von nosokomialen Infektionserregern besonders hervorgehoben. Die Tabelle 6 zeigt analog zur Tabelle 5 die durchschnittliche Luftkeimkonzentration mit Standardabweichung in jedem OP-Saal für jeden Nährboden.

Die Keimpegel in Abb. 8 schwanken zwischen 15 (letzte Entnahme, 2. Woche, OP-Saal B) und 540 KBE/m³ (4. Woche, OP-Saal C). Während der vier septischen knochenchirurgischen Operationen in OP-Saal B sind normale bis niedrige Keimpegel (zwischen 68 und 198 KBE/m³) zu beobachten, während der einzige, mit dem Impaktor erfaßte septische allgemeinchirurgische Eingriff in der 5. Woche in OP-Saal E mit einem hohen Kontaminationsgrad der Raumluft (330 KBE/m³) einhergeht.

Es wurden nur 3 nosokomiale Infektionserreger mit dem Impaktionsverfahren gefunden, von denen keiner während eines septischen Eingriffes gesammelt wurde.

Beim Vergleich der drei OP-Säle, insbesondere mit Hilfe der Tabelle 6, weist der OP-Saal B mit durchschnittlich 221 KBE/m³ den höchsten Kontaminationsgrad der Raumluft auf. Es folgen der OP-Saal E mit 182 KBE/m³ und der OP-Saal C mit 153 KBE/m³. In OP-Saal C wurde sowohl mit der Andersen-Sampler wie mit der Sedimentationsplatten-Methode ca. 70% des Keimgehaltes von OP-Saal B nachgewiesen.

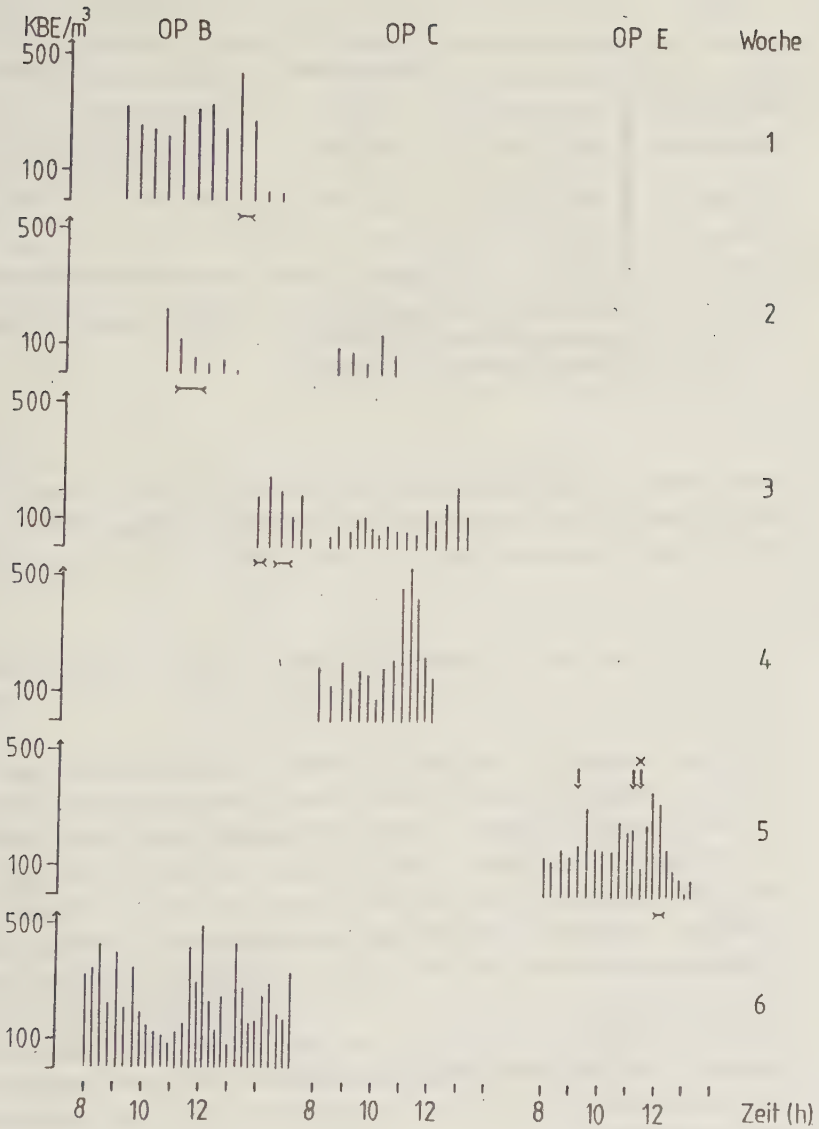


Abb. 8: Luftkeimkonzentrationsprofile des Impaktionsverfahrens auf dem Nährmedium Blut-Agar [KBE/m³]

Erläuterungen: siehe Abb. 4

	Blut-Agar	Trypton-Soja-Agar	Kligler-Agar	Kochsalz-Agar
OP-Saal B	221 $\pm$ 119	197 $\pm$ 122	152 $\pm$ 91	63 $\pm$ 47
OP-Saal C	153 $\pm$ 115	113 $\pm$ 91	106 $\pm$ 96	66 $\pm$ 61
OP-Saal E	182 $\pm$ 90	180 $\pm$ 77	93 $\pm$ 55	84 $\pm$ 79

Tab. 6: Durchschnittliche Luftkeimkonzentration in jedem OP-Saal mit Standardabweichung [KBE/m³]
Methode: Impaktionsverfahren

Für einen knochenchirurgischen Operationssaal liegt der Luftkeimgehalt in OP-Saal C mit durchschnittlich 153 KBE/m³ und einem Spitzenwert von 540 KBE/m³ sehr hoch.

3.2.1.2.2 Medien: Trypton-Soja-Agar, Kligler-Agar und Kochsalz-Agar

Die Abbildungen 9, 10 und 11 zeigen die Luftkeimkonzentrationsprofile, die mit der Impaktionsmethode ermittelt wurden, auf den Medien TS-Agar, Eisen-Zweizucker-Agar nach Kligler und TS-Agar unter Zusatz von 6,5% NaCl in der 1. Woche und 10% NaCl in der 2. bis 6. Woche (siehe Kap. 2.2.3.). Wiederum sind die septischen Operationen gekennzeichnet. Nosokomiale Infektionserreger wurden von diesen Nährböden nicht isoliert.

Die Luftkeimkonzentrationsprofile für diese drei Agarsorten zeigen einen ähnlichen Verlauf über die Zeit wie das Profil von Blut-Agar (Abb. 8). Die absoluten Zahlen sind jedoch unterschiedlich:

TS-Agar weist mit den Extremwerten von 15 (z.B. 2. Woche, OP-Saal B) und 555 KBE/m³ (6. Woche, OP-Saal B) ähnlich breit gestreute Einzelwerte wie Blut-Agar auf, und auch die Durchschnittswerte (vgl. Tab. 6) sind nahezu gleich.

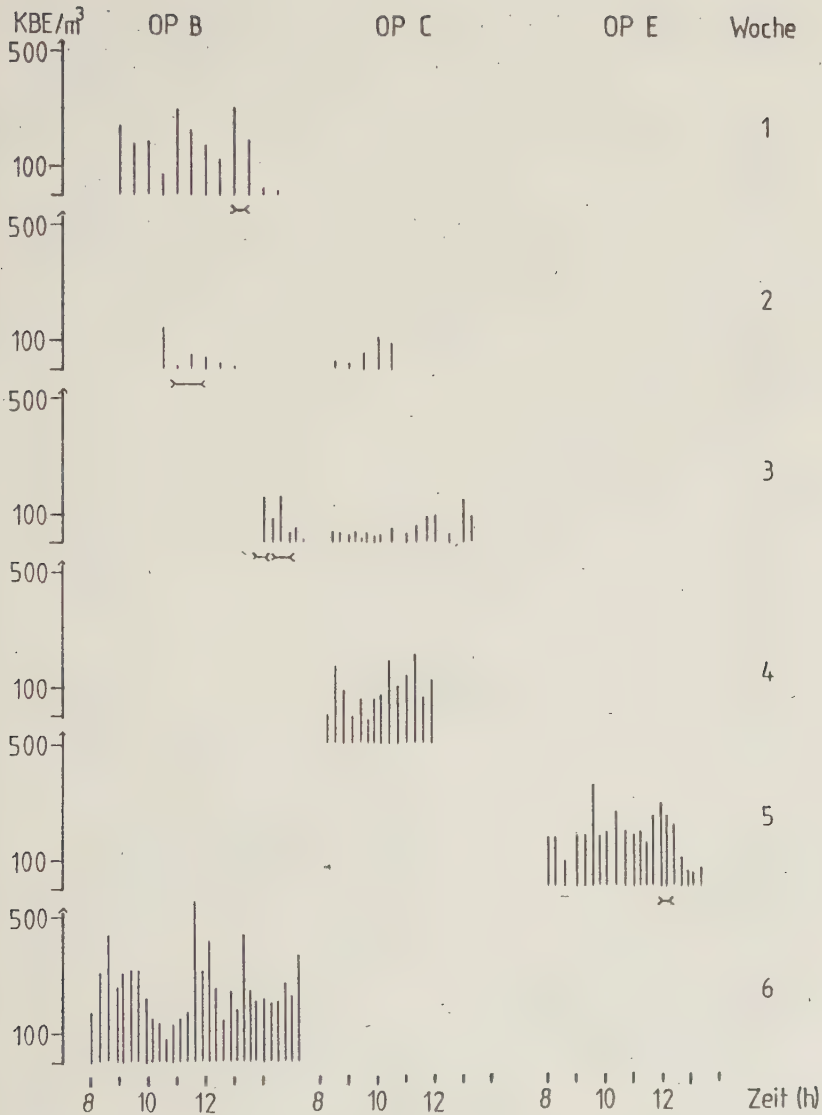


Abb. 9: Luftkeimkonzentrationsprofile des Impaktionsverfahrens auf dem Nährmedium TS-Agar [KBE/m³]

Erläuterungen: siehe Abb. 4

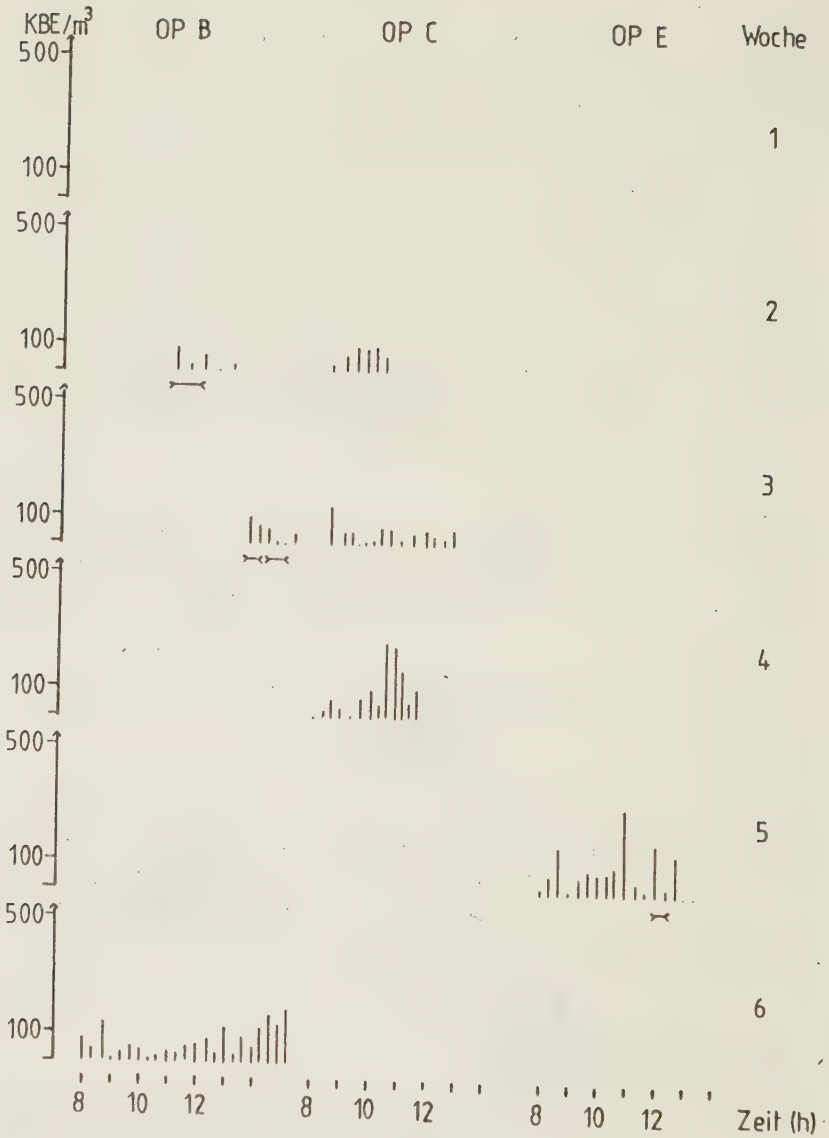


Abb. 10: Luftkeimkonzentrationsprofile des Impaktionsverfahrens auf dem Nährmedium Kochsalz-Agar [KBE/m³]

Erläuterungen: siehe Abb. 4

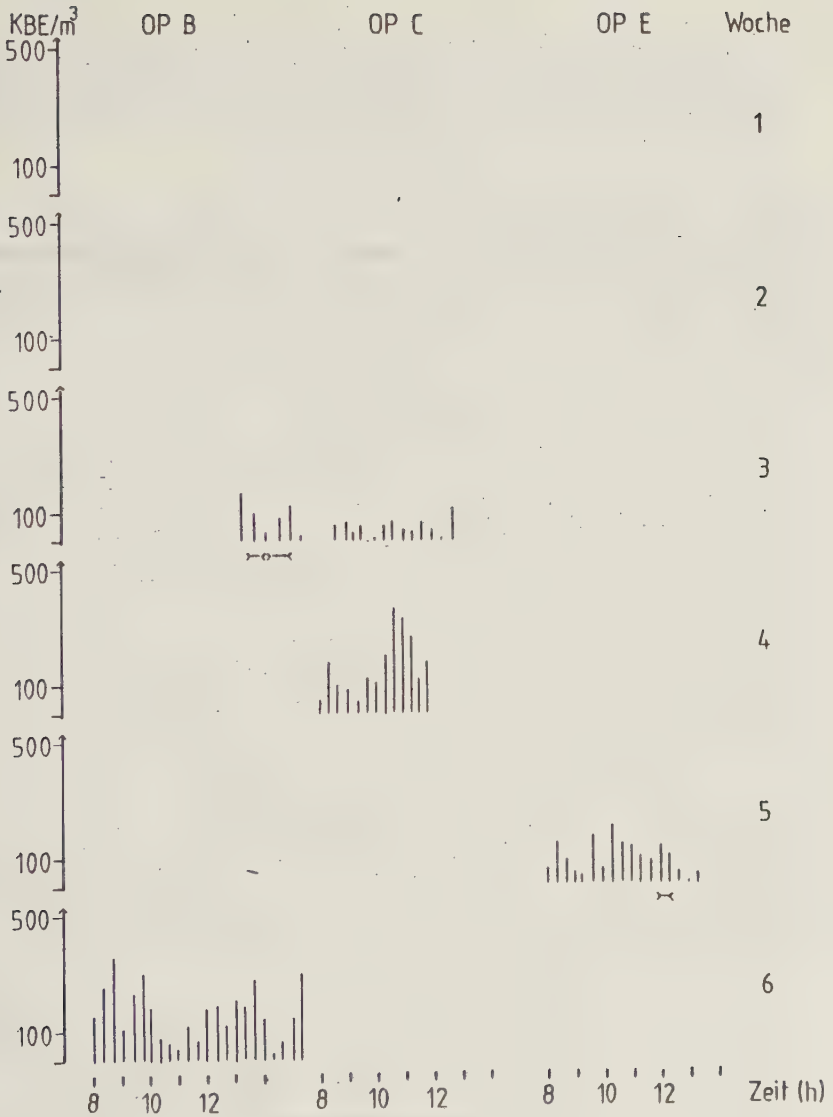


Abb. 11: Luftkeimkonzentrationsprofile des Impaktionsverfahrens auf dem Nährmedium Kligler-Agar [KBE/m³]

Erläuterungen: siehe Abb. 4

Bei Verwendung von Kligler-Agar zeigen sowohl die Extremwerte von 0 (z.B. 3. Woche, OP-Saal C) und 371 KBE/m³ (4. Woche, OP-Saal C) als auch die Durchschnittszahlen der Tab. 6 eine deutliche Tendenz zu niedrigeren Werten.

Auf 10%-igem Kochsalz-Agar wurden von 0 (z.B. 5. Woche, OP-Saal E) bis 304 KBE/m³ (5. Woche, OP-Saal E) nachgewiesen; auch in Tab. 6 weist dieser Selektivnährboden die niedrigsten Werte auf.

3.2.1.3 Aktivitäten des Personals

Die Tabellen 7 und 8 stellen den Zusammenhang zwischen dem Aktivitätsgrad des Personals und der währenddessen ermittelten durchschnittlichen Luftkeimkonzentrationen für die Impaktions- und die Sedimentationsmethode her. Dafür wurde zunächst jeder einzelnen Probenentnahme ein aus den Protokollen abgeleiteter Aktivitätsgrad zwischen 1 und 5 zugeteilt:

1 bedeutet wenig personelle Aktivität, 2 mittlere und 3 sehr ausgeprägte Aktivität bzw. Hektik. Dazu kamen noch ein Punkt für eine offenstehende Tür bzw. Fenster oder zwei Punkte, falls mehrere Türen oder Fenster offenstanden.

Zwei Ausnahmen sind noch zu erwähnen: im Flur wurde nur die personelle Aktivität berücksichtigt, so daß hier nur 3 Aktivitätsgrade angegeben sind; falls entgegen allen hygienischen Regeln gefegt wurde, was dreimal vorkam, wurde dafür die höchste Punktzahl angesetzt.

Da die Impaktormessungen nur jeweils 10 Minuten dauerten, können für diesen recht kurzen Zeitraum relativ präzise Angaben über den Aktivitätsgrad gemacht werden. Schwieriger ist dies bei dem Sedimentationsverfahren, da der Aktivitätsgrad während einer Stunde häufig wechselte. Im Zweifelsfalle wurde stets der höhere Aktivitätsgrad protokolliert.

OP-Saal	Aktivitätsgrad	Blut-Agar	n	TS-Agar	n	Kligler-Agar	n	TS- + 10%-NaCl-Agar	n
OP B	1	18 $\pm$ 14	2	19 $\pm$ 8	2	10 $\pm$ 2	2	7 $\pm$ 6	2
	2	27 $\pm$ 29	2	24 $\pm$ 23	2	39 $\pm$ 36	2	22	1
	3	27 $\pm$ 10	4	22 $\pm$ 9	3	19 $\pm$ 8	4	10 $\pm$ 4	4
	4	34 $\pm$ 23	22	34 $\pm$ 25	19	30 $\pm$ 25	22	14 $\pm$ 10	18
	5	28 $\pm$ 12	5	26 $\pm$ 7	4	29 $\pm$ 8	5	10 $\pm$ 5	5
OP C	1	17 $\pm$ 5	2	14 $\pm$ 1	2	9 $\pm$ 4	2	4	1
	2	10 $\pm$ 9	3	10 $\pm$ 3	2	8 $\pm$ 9	3	3 $\pm$ 6	3
	3	14 $\pm$ 5	7	12 $\pm$ 5	6	7 $\pm$ 3	7	5 $\pm$ 3	7
	4	26 $\pm$ 17	17	27 $\pm$ 18	15	21 $\pm$ 15	17	11 $\pm$ 11	13
	5	39 $\pm$ 10	3	34 $\pm$ 10	3	29 $\pm$ 15	3	20 $\pm$ 14	2
OP E	1	8 $\pm$ 5	3	8 $\pm$ 4	3	6 $\pm$ 2	3	6 $\pm$ 6	3
	2	12 $\pm$ 4	5	11 $\pm$ 3	5	7 $\pm$ 4	5	5 $\pm$ 3	5
	3	13 $\pm$ 7	9	11 $\pm$ 5	8	9 $\pm$ 7	9	5 $\pm$ 2	6
	4	24 $\pm$ 31	11	14 $\pm$ 8	9	23 $\pm$ 25	11	5 $\pm$ 4	8
	5	15 $\pm$ 2	5	13 $\pm$ 5	4	15 $\pm$ 8	5	7 $\pm$ 4	5
Flur	1		0		0		0		0
	2	35 $\pm$ 15	13	34 $\pm$ 13	11	19 $\pm$ 10	13	14 $\pm$ 11	12
	3	32 $\pm$ 14	22	28 $\pm$ 13	20	25 $\pm$ 14	22	12 $\pm$ 6	17

Tab. 7: Durchschnittliche Luftkeimkonzentration mit Standardabweichung [KBE/100 cm²xh] während unterschiedlicher Aktivitätsgrade
Methode: Sedimentationsverfahren

Erläuterungen der Aktivitätsgrade im Text (Kap. 3.2.1.3)

Dennoch läßt sich aus der Tabelle 7 ablesen, daß ein niedriger Aktivitätsgrad tendenziell auch mit einem geringen Keimgehalt auf den Sedimentationsplatten einhergeht. Bei größerer Aktivität im Raum lassen sich zumeist höhere Bakterienkonzentrationen ermitteln. Da für sehr hohe oder besonders niedrige Aktivitätsgrade oft nur wenige Einzelwerte zu Verfügung standen, sind diese Durchschnittswerte auch mehr dem Zufall unterworfen, was z.B. im OP-Saal C dazu geführt hat, daß bei Aktivitätsgrad 1 mehr Keime als bei Grad 2 angeführt sind. Zum andern erhebt sich die Frage, ob nicht auch wenig Bewegung sehr nahe den Petrischalen möglicherweise dieselbe Auswirkung hatte wie große Hektik in einer weit entfernten Ecke des Raumes. Diese drei Einschränkungen - lange Sammelzeit, oft wenige Einzelwerte, mögliche Abhängigkeit vom Ort der Aktivität - erklären die manchmal hohen Standardabweichungen und einige Ausnahmen von der oben aufgezeigten Grundtendenz.

Aus Tabelle 8 geht hervor, daß hohe Aktivitätsgrade zumeist mit hohen, niedrige mit geringen Luftkeimkonzentrationen - gemessen mit dem Andersen-Sampler - einhergehen. Hier sind die Einzelwerte etwas gleichmäßiger auf alle 5 Aktivitätsstufen verteilt, auch war ein genaueres Protokoll möglich als für das Sedimentationsverfahren. Aber auch für den Andersen-Sampler gilt, daß wenig Bewegung nahe dem Sammelgerät möglicherweise dieselbe Keimausbeute erbringt wie größere und weiter entfernte Aktionen. Zum zweiten ist zu bedenken, daß schwebefähige Partikel - einmal aufgewirbelt - über lange Zeiträume in der Luft verbleiben können (12), so daß nach einer größeren Aktivität die Keimzahlen noch lange erhöht bleiben können, selbst wenn momentan absolute Ruhe herrscht. Diese beiden Einschränkungen sind wahrscheinlich für die zum Teil hohen Standardabweichungen und dafür verantwortlich, daß auch einige Ausnahmen von der oben angegebenen Grundtendenz zu verzeichnen sind.

OP-Saal	Aktivitätsgrad	Blut-Agar	n	TS-Agar	n	Kligler-Agar	n	TS- + 10%-NaCl-Agar	n
OP B	1	113 $\pm$ 87	13	116 $\pm$ 102	13	53 $\pm$ 27	6	34 $\pm$ 39	8
	2	221 $\pm$ 91	12	172 $\pm$ 107	12	277 $\pm$ 29	5	73 $\pm$ 62	6
	3	241 $\pm$ 60	15	198 $\pm$ 64	15	144 $\pm$ 34	8	55 $\pm$ 26	9
	4	289 $\pm$ 153	12	268 $\pm$ 131	12	167 $\pm$ 106	7	111 $\pm$ 41	7
	5	360 $\pm$ 85	2	435 $\pm$ 170	2	128 $\pm$ 62	3	37 $\pm$ 27	4
OP C	1	136 $\pm$ 51	9	104 $\pm$ 68	9	75 $\pm$ 39	6	47 $\pm$ 32	6
	2	139 $\pm$ 130	8	100 $\pm$ 98	8	107 $\pm$ 85	6	70 $\pm$ 46	9
	3	177 $\pm$ 124	9	154 $\pm$ 100	9	98 $\pm$ 108	12	58 $\pm$ 69	13
	4	107 $\pm$ 53	7	57 $\pm$ 31	7	124 $\pm$ 79	2	70 $\pm$ 25	4
	5	342 $\pm$ 281	2	218 $\pm$ 180	2	338	1	248	1
OP E	1	150 $\pm$ 107	9	135 $\pm$ 80	9	49 $\pm$ 30	6	40 $\pm$ 55	6
	2	178 $\pm$ 75	3	190 $\pm$ 51	3	111 $\pm$ 56	5	83 $\pm$ 54	5
	3	203 $\pm$ 39	4	214 $\pm$ 36	4	128 $\pm$ 55	5	119 $\pm$ 106	5
	4	239 $\pm$ 99	4	240 $\pm$ 83	4		0		0
	5	165	1	188	1	135	1	180	1

Tab. 8: Durchschnittliche Luftkeimkonzentration mit Standardabweichung $[KBE/m^3]$ während unterschiedlicher Aktivitätsgrade
Methode: Impaktionsverfahren

Erläuterungen der Aktivitätsgrade im Text (Kap. 3.2.1.3)

Zuletzt soll noch erwähnt werden, daß während der gesamten Probenentnahmen dreimal gefegt wurde.

Die beiden ersten Male war der Impaktor gerade an anderer Stelle im Einsatz und die Sedimentationsplatten zeigten keine auffällig hohen Keimzahlen (5. Entnahme, 1. Woche, OP-Saal C; 6. Entnahme, 3. Woche, Flur). Das letzte Mal in der vierten Woche im OP-Saal C wurden durch die Petrischalen 50 und 77 KBE/100cm²xh und durch den Impaktor 540 und 428 KBE/m³ auf Blut-Agar gemessen. Diese sehr hohen Werte sind sehr wahrscheinlich auf diese im OP-Trakt normalerweise nicht geübte Aktivität zurückzuführen.

3.2.2 Luftkeimkonzentrationen während der Operationen

3.2.2.1 Allgemeinchirurgie

Die Tabelle 9 stellt detailliert die quantitativen luftmikrobiologischen Befunde während der 37 allgemeinchirurgischen Operationen dar. Vorangestellt sind die beiden septischen Eingriffe Nr. 34 und 50; es folgen 15 aseptische Operationen in OP-Saal B und danach 20 weitere gleichen hygienischen Standards in OP-Saal E. Die Keimzahlen wurden als Durchschnittswerte über die gesamte Operationsdauer berechnet.

Zusätzlich ist der Zusammenhang zu den qualitativen Befunden erwähnt. Weitere Angaben über Eingriffe und Patienten wurden bereits im Kapitel 3.1. und in den Tabellen 1 bis 4 gegeben. Um wegen der ärztlichen Schweigepflicht Namenskürzel zu vermeiden, werden die Patienten mit denselben Nummern wie die an ihnen vorgenommenen Operationen bezeichnet.

Auf den ersten Blick fällt die hohe Luftkeimzahl von 330 KBE/m³ auf dem Medium Blut-Agar bei der septischen Operation Nr. 50 auf. Es muß jedoch bedacht werden, daß dieser Eingriff nur 7 min. dauerte, da die Wunde zur besseren, nachträglichen Versorgung offen blieb. Während dieser kurzen Zeit war der Kontaminationsgrad der Luft recht hoch. Dieses Ergebnis entspricht dem hohen Aktivitätsgrad in der unmittelbaren Vorbe-

Tab. 9: Luftmikrobiologische Befunde bei allgemeinchirurgischen Operationen

OP-Nr.	OP-Saal	Diagnose bzw. operativer Eingriff	Vorkommen von NIE		Luftkeimkonzentration						OP-Dauer [Min.]	
			Patient	Luft	quantitativ	[KBE/m ³]	Blut-Agar	TS-Agar	semiquantitativ	[KBE/100 cm ² xh]		
					TS-Agar	Kligler-Agar	TS- + 10%-NaCl-Agar	Blut-Agar	TS-Agar	Kligler-Agar	TS- + 10%-NaCl-Agar	
SEPTISCHE OPERATIONEN												
34	B	Cholecystektomie bei Gallenblasenempyem	-	0								
50	E	Eröffnung subphrenischer Abszesse	S. aureus	0	330	248	101	34	13	19	28	7
ASEPTISCHE OPERATIONEN												
1	B	Halslymphknotenexstirpation (V.a. Malignom)	-	0								
2	B	Herniotomie bei H. inguinalis	-	0	255	180			34	32	44	25
3	B	Cholecystektomie bei Cholecystolithiasis	-	0	255	375			35	27	38	65
4	B	PL und Spülkatheter-Einlage bei Magen-Ca, Peritoneal-Ca	-	0	296	158			33	31	36	39
16	D	Lipomexstirpation (Axilla)	-	S. aureus (S)					60		57	17
24	B	totale Gastrektomie bei Magen-Ca	-	0					27	23	14	9
25	B	Anus praeter-Anlage bei Rectum-Ca	-	0					19	20	10	5
35	B	Cholecystektomie (Akutes Abdomen)	-	0					21	24	20	14
41	B	Cholecystektomie bei Cholecystolithiasis	-	0					44	44	58	21
42	B	Narbengranulom-Exzision	-	0					48	48	13	23
43	B	Cholecystektomie bei Cholecystolithiasis	-	0					52	43	37	17
44	B	Rückverlegung eines Anus praeter	-	0					38	29	46	13
51	B	B II wegen Ulcus ventriculi-Perforation	-	0	217	225	159	42	15	15	16	4
52	B	PE bei Mammatumor	-	0	386	356	191	79	22	24	29	10
53	B	Vagotomie + Pyloroplastik bei Ulcus duodeni	-	0	230	231	133	115	28	29	31	12
85												
10	E	Ganglionexcision (Hand)	-	0					17	14	15	52
11	E	subtotale Strumaresektion bds.	-	0					16	12	10	65
12	E	Varizektomie	-	0					28	23	18	55
13	E	Anus praeter-Anlage wegen Anal-Ca	-	0					26	23	25	15
14	E	Rektumfistel	-	0					116	29	96	22
15	E	Hämorrhoidektomie	-	0					20	11	20	35

Tabelle 9 (Fortsetzung)

OP-Nr.	OP-Saal	Diagnose bzw. operativer Eingriff	Vorkommen von NIE		Luftkeimkonzentration							OP-Pause [Min.]
			Patient	Luft	quantitativ [KBE/m ³]			semiquantitativ [KBE/100 cm ² xh]				
					Blut-Agar	TS-Agar	Kligler-Agar	TS- + 10% NaCl-Agar	Blut-Agar	TS-Agar	Kligler-Agar	
Fortsetzung: ASEPTISCHE OPERATIONEN												
21	E	Herniotomie bei H. inguinalis	-	0					22	20	11	30
22	E	Appendektomie bei App. acuta	-	0					15	10	4	45
23	E	Sigmoidektomie bei Tumor	-	0					15	13	13	58
31	E	Cholecystektomie bei Cholecystolithiasis	-	0					6	5	3	55
32	E	Cholecystektomie bei Cholecystolithiasis	-	0					6	7	6	112
33	E	Hämorrhoidektomie	-	0					13	7	6	12
39	E	Biliorrh. I bei chron. Ulcus duodeni	-	0					7	7	9	3
40	E	Hämorrhoidektomie	-	0					10	15	13	2
47	E	Enukleation zweier Strumatumoren	-	S. aureus (I)	161	150	47	64	8	10	9	2
48	E	Ganglionexstirpation (Hand)	-	0	171	176	70	80	17	15	13	2
49	E	Cholecystektomie bei Cholecystolithiasis	-	S. aureus (I)	211	184	110	129	15	14	24	6
57	E	subtotale Strumaresektion	-	0					13	12	2	4
58	E	subtotale Gastrektomie bei Antrum-Ca	-	0					13	12	7	6
59	E	Rectumresektion wegen Ca	-	S. aureus (S)					14	9	10	5

Erläuterungen:

- o : nicht nachgewiesen
 NIE: nosokomialer Infektionserreger
 (I) : Impaktionsverfahren
 (S) : Sedimentationsverfahren

reinigungphase und zu Beginn einer Operation sowie den Aufräumarbeiten zum Operationsende. Ähnliches könnte für die aseptische Operation Nr. 52 gelten, die nur 17 min. dauerte und mit 386 KBE/m³ einherging.

Für den langen Eingriff Nr. 51, eine Billroth II-Operation von 176 min. Dauer, wurden zu Beginn auch sehr hohe Luftkeimkonzentrationen von 428 und 398 KBE/m³ auf Blut-Agar gemessen. Danach war der Aktivitätsgrad längere Zeit sehr niedrig, und es wurden entsprechend niedrige Luftkeimkonzentrationen gemessen, so daß für diese Operation ein relativ niedriger Durchschnittswert von 217 KBE/m³ in Tabelle 9 resultiert.

Diese Beispiele zeigen, daß für die Mittelwerte von Tabelle 9 und 10 auch die OP-Dauer ausschlaggebend ist. Sie ist daher noch in einer besonderen Spalte miteingefügt.

Während der allgemeinchirurgischen Eingriffe in OP-Saal E bestanden niedrigere Keimpegel als im OP-Saal B. Dieser Sachverhalt wird in Kap. 3.2.2.3 noch einmal aufgegriffen.

Von den beiden Patienten der septischen Allgemeinchirurgie wies nur einer, Nr. 50, eine klinisch-mikrobiologische Anamnese auf. Der Erreger dieses Patienten wurde während des Eingriffes Nr. 50 nicht in der Raumluft gefunden. Auch während der zweiten septischen allgemeinchirurgischen Operation Nr. 34 konnte kein nosokomialer Infektionserreger aus der Raumluft isoliert werden. Alle übrigen allgemeinchirurgischen Patienten hatten keine Wundinfektion in der Anamnese. In vier Fällen, nämlich während der Eingriffe Nr. 16, 47, 49 und 59, wurde *Staphylococcus aureus* in der Raumluft gefunden. Insgesamt ist also kein Zusammenhang zwischen dem Vorkommen nosokomialer Infektionserreger in den Vorbefunden des Patienten und während seiner Operation in der Raumluft nachweisbar. Bei hohen Luftkeimpegeln finden sich nicht gehäuft nosokomiale Infektionserreger. Im Gegenteil wurden für die Allgemeinchirurgie 3 von 4 *Staphylococcus aureus*-Stämmen im ansonsten keimärmeren OP-Saal E gefunden.

Tabelle 10 (Fortsetzung)

OP-Nr.	OP-Saal	Diagnose bzw. operativer Eingriff	Vorkommen von NIE		Luftkeimkonzentration							OP-Dauer [Min.]		
			Patient	Luft	quantitativ [KBE/m ³]			semiquantitativ [KBE/100cm ² ·h]						
					Blut-Agar	TS-Agar	Kligler-Agar	TS- + 10% NaCl-Agar	Blut-Agar	TS-Agar	Kligler-Agar		TS- + 10% NaCl-Agar	
		Fortsetzung: ASEPTISCHE OPERATIONEN												
46	C	Metallentfernung bei z.n. Oberschenkelhalsfraktur	-	0						20	16	8	4	69
54	C	Oberschenkelkopf-Endoprothese	-	0						22	14	15	10	85
55	C	Spongiosaplastik bei z.n. infizierter Unterschenkelosteosynthese	früher Coryne-Gruppe	0						12	10	10	7	95
56	C	Osteosynthese bei Fibula-Verrenkungsfraktur	-	0						28	27	19	11	108

Erläuterungen: siehe Tab. 9

3.2.2.2 Knochenchirurgie

Der Tabelle 10 sind die quantitativen luftmikrobiologischen Ergebnisse bei knochenchirurgischen Operationen zu entnehmen. Auch wird der Zusammenhang zu qualitativen Befunden am Patienten und in der Luft aufgezeigt.

Vier septische knochenchirurgische Eingriffe, die Nr. 5, 18, 26 und 27, wurden in OP-Saal B ausgeführt. Vergleicht man die Befunde der quantitativen mit denen der semiquantitativen Methode, so fallen für die erstere relativ niedrige, für die letztere eher höhere Werte auf, wie es bereits in Kap. 3.2.1.2.1. erwähnt wurde. Außerdem liegen die mit dem Impaktor gesammelten Luftkeimkonzentrationen etwas unter dem Niveau der im OP-Saal B bestimmten Keimzahlen bei allgemein-chirurgischen Operationen (Tab. 9). Dieser Sachverhalt wird durch die Tabelle 11 noch einmal unterstrichen, wo als Mittelwert für die Allgemein-chirurgie in OP-Saal B 273 KBE/m³ und für die septische Knochenchirurgie im selben Operationsraum nur 142 KBE/m³ auf Blut-Agar gefunden wurden.

Die Keimkonzentrationen während knochenchirurgischer Eingriffe in OP-Saal C liegen insgesamt relativ niedrig, jedoch kommt ein Spitzenwert von 326 KBE/m³ bei Operation Nr. 37 vor. Währenddessen zeigen auch die Sedimentationsplatten ihren Höchstwert von 77 KBE/100cm²xh (siehe Kap. 4.).

Des weiteren zeigt die Tabelle 10 keinen Zusammenhang zwischen hohen quantitativen Luftkeimkonzentrationen und dem Vorkommen nosokomialer Infektionserreger in der Luft auf. Beispielsweise wurden während der mit niedrigen Keimpegeln einhergehenden Eingriffe Nr. 18 und 19 in der Luft je einmal Staphylococcus aureus und Klebsiella pneumoniae gefunden, bei Nr. 37 dagegen wurde kein nosokomialer Infektionserreger isoliert.

3.2.2.3 Zusammenfassung

Die Tabelle 11 ordnet die vorgenommenen Eingriffe nach ihrer Art - Allgemein- und Knochenchirurgie, septisch und aseptisch - und nach dem Operationssaal in Gruppen und gibt zu jeder einen Mittelwert, der unter Zuhilfenahme der Tabellen 9 und 10 berechnet wurde.

Sowohl die quantitative wie auch die semiquantitative Methode zeigen während der aseptischen allgemeinchirurgischen Operationen für den OP-Saal B wesentlich höhere Werte als für den OP-Saal E. Die mit der Sedimentationsmethode erfaßten Werte lassen diesen Unterschied weit ausgeprägter erscheinen als die mit der Impaktionsmethode ermittelten Werte, was in Kap. 4.1 noch einmal aufgegriffen werden soll.

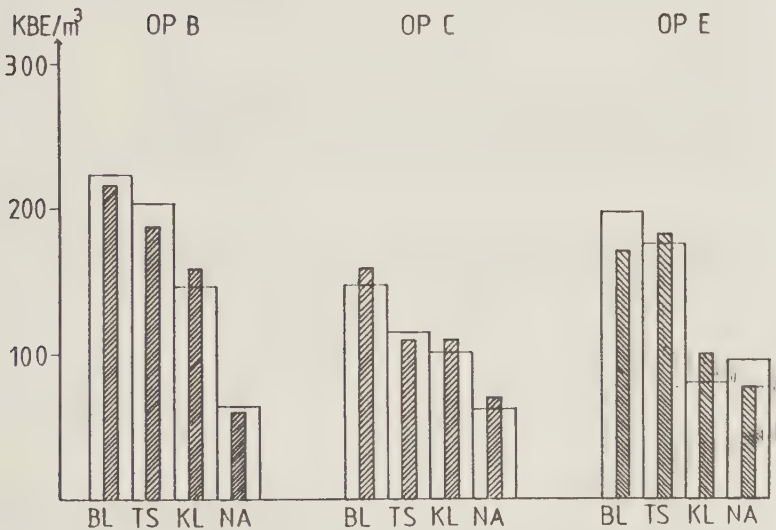
Die aseptische Knochenchirurgie, bis auf zwei Ausnahmen in OP-Saal C, zeigt nach der Impaktionsmethode die niedrigsten Luftkeimkonzentrationen. Aber auch die Befunde der Sedimentationsplatten sind wesentlich niedriger als für die aseptische Allgemeinchirurgie in OP-Saal B.

Während der septischen knochenchirurgischen Operationen in OP-Saal B wurde mit dem Andersen-Sampler ein relativ niedriger Verkeimungsgrad der Raumluft mit durchschnittlich 142 KBE/m³ auf Blut-Agar festgestellt, während das Sedimentationsverfahren mit 56 KBE/100cm²xh eine gegenläufige Tendenz aufwies.

Insgesamt kann aus dem vorliegenden Material kein Unterschied in den Luftkeimkonzentrationen während septischer oder während aseptischer Eingriffe festgestellt werden. Auch die nosokomialen Infektionserreger häufen sich nicht auffällig während septischer Operationen.

Als Ergänzung zur Tabelle 11 sind in Abbildung 12 die arithmetischen Mittel aller mit der Impaktionsmethode erfaßten Einzelwerte für jeden Operationssaal graphisch dargestellt. Im Unterschied zur Tabelle 11 wird dabei nicht berücksichtigt, ob der vorgenommene Eingriff septischer oder asepti-

Abb. 12: Durchschnittliche Luftkeimkonzentration in 3 Operationssälen
Methode: Impaktionsverfahren



Erläuterungen:

BL: Blut-Agar

TS: Trypton-Soja-Agar

KL: Kligler-Agar

NA: NaCl (10%)-Agar

□: während der Operation

▨: vor und nach der Operation ("OP-Pause")

scher, allgemein- oder knochenchirurgischer Art war. Zusätzlich wird in die Zeit während einer Operation und in Pausen zwischen den Eingriffen unterteilt.

Dabei zeigen sich für OP-Saal B die höchsten Werte, dicht gefolgt von OP-Saal E und in einigem Abstand danach OP-Saal C. Da in OP-Saal B sowohl die septischen knochenchirurgischen Eingriffe mit ihren niedrigen Keimzahlen als auch die aseptischen allgemeinchirurgischen mit ihren sehr hohen Werten stattfanden, besteht in der Abb. 12 im Gegensatz zur Tab. 11 nur ein relativ kleiner Unterschied zwischen den OP-Sälen B und E.

Während der OP-Pausen wurden größenordnungsmäßig die gleichen Luftkeimkonzentrationen wie während der Eingriffe gemessen.

Die höchsten Keimausbeuten wurden auf Blut-Agar erbracht. Auf TS-Agar wurden mehr Keime als auf Kligler-Agar und am wenigsten auf Kochsalz-Agar nachgewiesen.

3.2.2.4 Korngrößenverteilung der Luftkeime in drei Operationssälen

In der Abbildung 13 ist die Kornvergrößenverteilung der luftgetragenen keimhaltigen Partikel in drei Operationssälen für vier Medien dargestellt.

Bei Einsatz des gleichen Agars ergibt sich für alle drei Räume ein nahezu identisches Bild.

Während für die beiden komplexen Nährböden Blut- und TS-Agar unter Betonung der ersten beiden Stufen (Korngrößen $>5 \mu\text{m}$) ein kontinuierlicher Abfall für die restlichen vier Stufen des Impaktors zu bemerken ist, überwiegen bei Kligler- und vor allem bei Kochsalz-Agar die auf der ersten Stufe impaktierten keimhaltigen Partikel von Korngrößen $>8 \mu\text{m}$.

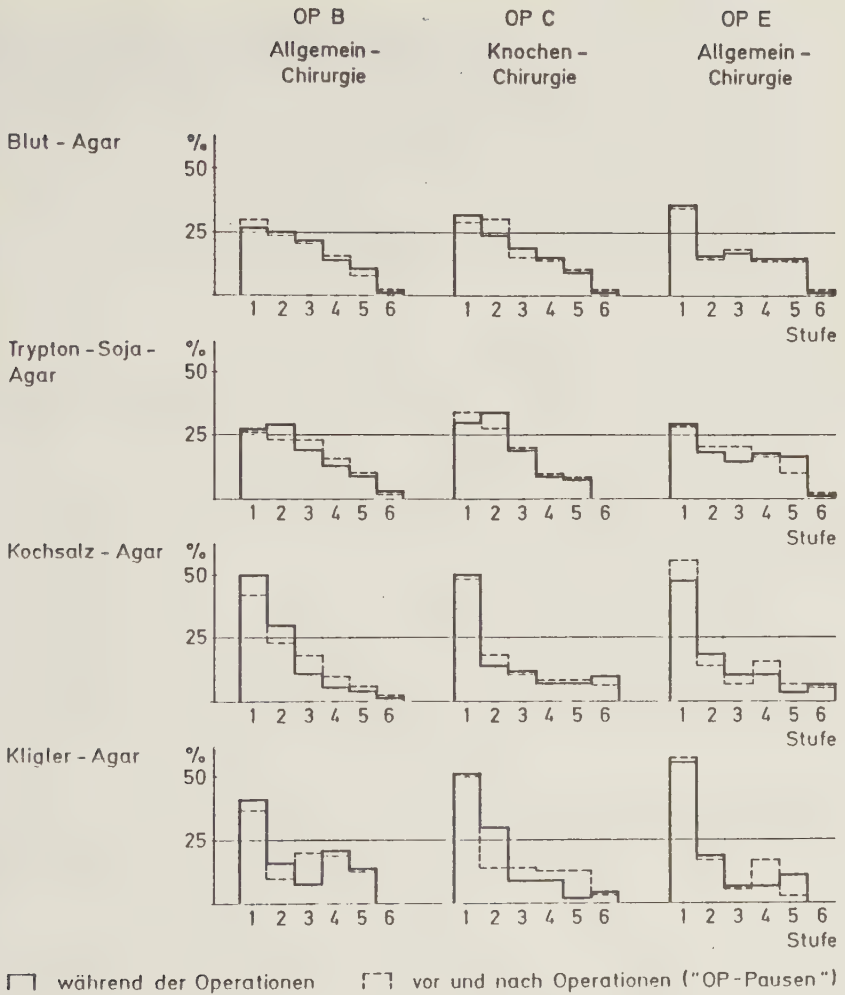


Abb. 13: Korngrößenverteilung der Luftkeime in drei Operationssälen
 (Stufe 1: $>8 \mu\text{m}$, Stufe 2: $5-10 \mu\text{m}$, Stufe 3: $3-6 \mu\text{m}$, Stufe
 4: $2-4 \mu\text{m}$, Stufe 5: $1-2 \mu\text{m}$, Stufe 6: $<1 \mu\text{m}$)

Aus den Untersuchungsbefunden der drei Operationssäle ergibt sich kein Hinweis auf unterschiedliche mikrobielle Emittenten. Die Korngrößenverteilung während der Pausen unterscheidet sich nur unwesentlich von der während der Operationen.

3.3 Qualitative Luftkeimbefunde

3.3.1 Übersicht

Von den 254 ausgewählten Bakterienisolaten (vgl. Tab. 12) waren 226, also die weit überwiegende Mehrzahl, *Staphylococcus epidermidis*-Stämme. Außerdem wurden noch 10 *Micrococcus species*-Stämme und 8 *Staphylococcus saprophyticus*-Stämme gefunden.

Obwohl die Differenzierung auf den Nachweis von nosokomialen Infektionserregern ausgerichtet war, wurden nur 7 *Staphylococcus aureus*-Stämme, 2 *Klebsiella pneumoniae*-Stämme und 1 *Streptococcus faecalis*-Stamm nachgewiesen. Davon wurden 4 *Staphylococcus aureus*-Stämme während 37 allgemeinchirurgischer Operationen und 3 *Staphylococcus aureus*-Stämme und 1 *Klebsiella pneumoniae*-Stamm während 22 knochenchirurgischer Eingriffe gefunden. Die beiden verbleibenden nosokomialen Infektionserreger wurden nicht intra operationem, sondern während der OP-Pause zwischen OP Nr. 48 und OP Nr. 49 (*Streptococcus faecalis*) und auf dem Flur am vierten Entnahmetag (*Klebsiella pneumoniae*) nachgewiesen.

Zwar weist die Knochenchirurgie damit relativ mehr nosokomiale Infektionserreger auf als die Allgemeinchirurgie, die Gesamtzahl bleibt jedoch sehr gering.

3.3.2 Nosokomiale Infektionserreger

Die in den Operationssälen und im Flur gesammelten nosokomialen Infektionserreger sind in Tabelle 13 zusammengestellt. Zusätzlich sind die Entnahmewoche, der Fundort, die währenddessen durchgeführten Operationen und die Sammelpausen angegeben. Die ebenfalls dargestellten Resistogramme werden im nächsten Kapitel besprochen.

Species	Gesamt- zahl	davon Allgemeinchirur- gie (37 OPs) (intraoper.)	davon Knochenchirur- gie (22 OPs) (intraoper.)	Übrige
Staphylococcus epidermidis	226	131	95	
Staphylococcus saprophyticus	8	7	1	
Staphylococcus aureus	7	4	3	
Micrococcus species	10	5	5	
Klebsiella pneumoniae	2		1	1 ¹
Streptococcus faecalis	1			1 ²
Gesamtzahl	254	147	105	2

Tab. 12: Zusammenstellung aller identifizierten Keime aus Allgemein- und Knochenchirurgie

Erläuterungen:

- 1 : Im Flur am 4. Tag der Probenentnahmen
 2 : In der "OP-Pause" zwischen den allgemeinchirurgischen Operationen Nr. 48 und 49

Tab. 13: Zusammenstellung aller in den Operationssälen und im Flur gesammelten nosokomialen Infektionserreger mit Resistenzverhalten

NIE	Ent- nahme- Woche	OP- Saal	OP- Nr.	Pause ja, nein	Resistenz-Verhalten der NIE										Mikrobiologischer Vorbefund des Patienten		
					a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)	i)	j)		k)	l)
S. aureus (S)	2	B	16, 17	ja	E	E	E	R	E	R	E	E	mE	E	E	R	16: Ø 17: Ø
S. aureus (S)	2	B	18	ja	E	E	R	R	E	R	E	E	mE	E	E	E	S. aureus (mehrmals nachgewiesen)
S. aureus (S)	3	B	26, 27	ja													26: Enterokokken, Keime der Colligruppe 27: β-hämolytische Streptokokken, S. aureus
S. aureus (S)	3	B	27	ja	E	R	E	R	E	R	E	E	R	E	E	E	β-hämolytische Streptokokken, S. aureus
S. aureus (I)	5	E	47	ja	E	R	E	R	E	E	E	E	E	E	E	E	Ø
S. aureus (I)	5	E	49	nein	E	E	E	R	E	E	E	E	E	E	E	E	Ø
S. aureus (S)	6	E	59	nein	E	E	E	R	E	R	E	E	mE	E	E	E	
Streptococcus faecalis (I)	5	E	Ø	ja													
Klebsiella pneumoniae (S)	2	C	19, 20	ja	R	E	E	E	mE	R	R	E	R	R	mE	mE	19: Ø 20: Ø
Klebsiella pneumoniae (S)	4	Flur			R	E	E	E	mE	R	R	E	R	R	R	E	

a) Erythromycin 15 µg
b) Tetracyclin 30 µg
c) Gentamycin 10 µg
d) Nalidixinsäure 30 µg
e) Carbenicillin 100 µg
f) Penicillin G 10 µg
g) Lincomycin 15 µg
h) Nitrofurantoin 100 µg
i) Ampicillin 10 µg
j) Oxacillin 5 µg
k) Cefalein 30 µg
l) Chloramphenicol 30 µg

Erläuterungen:
NIE: nosokomiale Infektionserreger
S): Sedimentationsverfahren
I): Impaktionsverfahren
E): Empfindlich
mE): mäßig Empfindlich
R): Resistent
Resistente Varianten empfindlicher Keime wurden nicht berücksichtigt

Die qualitativen Befunde wurden bereits vorher in den Abbildungen 4 und 8 und den Tabellen 9, 10 und 11 erwähnt. Zum Verständnis der letztgenannten Tabellen ist nachzutragen, daß beispielsweise das Klebsiella-Isolat, das während der Operationen Nr. 19 und 20 in OP-Saal C sedimentierte, für beide Eingriffe als qualitativer Befund in den Tabellen 9 und 10 erwähnt ist. In der Tab. 11 sind dadurch zwei Operationen als "luft-NIE-positiv" - d.h. es wurden während dieser Eingriffe nosokomiale Infektionserreger in der Luft nachgewiesen - bezeichnet, obwohl es sich um ein und denselben Keim handelt. Entsprechendes gilt für den Staphylococcus aureus-Stamm, der während der Operationen 16 und 17 sedimentierte.

3 Staphylococcus aureus-Stämme wurden während der septischen knochenchirurgischen Eingriffe 18, 26 und 27 trotz niedriger quantitativer Luftkeimkonzentrationen (Tab. 11) in OP-Saal B gefunden. Ein vierter Staphylococcus aureus-Stamm sedimentierte während der aseptischen allgemeinchirurgischen Operation Nr. 16 bzw. der aseptischen knochenchirurgischen Operation Nr. 17 im gleichen OP-Saal. Alle vier Keime können auch während einer OP-Pause auf die Nährböden sedimentiert sein.

Für den allgemeinchirurgischen OP-Saal E wurden 3 Staphylococcus aureus-Stämme und 1 Streptococcus faecalis-Stamm identifiziert. Zwei dieser nosokomialen Infektionserreger sind mit Sicherheit intra operationem nachgewiesen worden.

Im knochenchirurgischen Operationssaal C wurde nur 1 nosokomialer Infektionserreger, ein Klebsiella pneumoniae-Stamm, gefunden. Er ist damit sowohl im Hinblick auf quantitative (Tab. 6 und 11) wie auch auf qualitative Befunde der keimärmste Operationsraum.

Um das im Flur nachgewiesene Klebsiella pneumoniae-Isolat richtig einordnen zu können, sei daran erinnert, daß von diesem Ort nur die auf Endo-Agar gewachsenen Keime zur Differenzierung gelangten. Die auch im Flur sedimentierten,

grampositiven, β -hämolytischen Keime konnten aus technischen Gründen bei der Aufarbeitung nicht berücksichtigt werden (siehe Kap. 2.3.2).

3.3.3 Resistogramme der nosokomialen Infektionserreger

Zusätzlich zu den im vorigen Kapitel besprochenen Informationen sind der Tabelle 13 noch die Resistogramme der nosokomialen Infektionserreger für folgende zwölf Antibiotika zu entnehmen: Erythromycin 15 µg/Plättchen, Tetracyclin 30 µg/Plättchen, Gentamycin 10 µg/Plättchen, Nalidixinsäure 30 µg/Plättchen, Carbenicillin 100 µg/Plättchen, Penicillin G 10 µg/Plättchen, Lincomycin 15 µg/Plättchen, Nitrofurantoin 100 µg/Plättchen, Ampicillin 10 µg/Plättchen, Oxacillin 5 µg/Plättchen, Cefalotin 30 µg/Plättchen, Chloramphenicol 30 µg/Plättchen.

Aus technischen Gründen wurden zwei Erreger bei der Resistenzbestimmung nicht berücksichtigt.

Die Tabelle 14 gibt die resistenten Keime in Prozent von der Gesamtzahl der betreffenden Erregerart an (siehe auch Kap. 3.3.5).

Alle untersuchten *Staphylococcus aureus*-Stämme waren gegen Nalidixinsäure resistent, was nach SIMON und STILLE (69) grundsätzlich für alle grampositiven Kokken gilt. Ein *Staphylococcus aureus*-Isolat hatte keine weiteren, die übrigen bis zu drei zusätzliche Resistenzen (mäßig empfindlich wurde als resistent gewertet). Zwei waren gegen Penicillin G empfindlich und alle gegen Oxacillin, Carbenicillin, Erythromycin, Cefalotin, Nitrofurantoin und Lincomycin. Insgesamt kann für die *Staphylococcus aureus*-Stämme von einer günstigen Resistenzlage gesprochen werden.

Anders verhält es sich bei den beiden *Klebsiella*-Isolaten. Ein Isolat ist gegen sieben, das andere gegen acht Chemotherapeutika resistent.

Tab. 14: Antibiotogramme aller identifizierten Keime mit Angabe der Resistenzen in Prozent

Species	absolute Zahl	a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)	i)	j)	k)	l)
Zusammenfassung der Allgemein- und Knochenchirurgie	252												
<i>S. aureus</i>	7 ¹	0	33	17	100	0	67	0	0	67	0	0	17
<i>S. epidermidis</i>	226 ¹	3	26	3	57	1	38	9	2	33	0	1	4
<i>S. saprophyticus</i>	8	0	0	0	100	0	0	63	0	0	0	0	0
<i>Micrococcus spec.</i>	10 ¹	13	0	0	63	13	13	0	13	13	0	0	0
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	1	100	0	0	0	100	100	100	0	100	100	100	100
ALLGEMEINCHIRUR-GIE2	147												
<i>S. aureus</i>	4	0	25	0	100	0	50	0	0	50	0	0	25
<i>S. epidermidis</i>	131	3	25	2	60	0	35	9	1	33	0	1	2
<i>S. saprophyticus</i>	7	0	0	0	100	0	0	57	0	0	0	0	0
<i>Micrococcus spec.</i>	5	0	0	0	67	0	0	0	33	0	0	0	0
KNOCHENCHIRUR-GIE	105												
<i>S. aureus</i>	3	0	50	50	100	0	100	0	0	100	0	0	100
<i>S. epidermidis</i>	95	3	27	3	54	2	43	11	4	38	1	2	4
<i>S. saprophyticus</i>	1	0	0	0	100	0	0	100	0	0	0	0	0
<i>Micrococcus spec.</i>	5	20	0	0	60	20	20	0	0	20	0	0	0
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	1	100	0	0	0	100	100	100	0	100	100	100	100

Erläuterungen:

- 1 : aus technischen Gründen konnten von dieser Gesamtzahl 1 *Staphylococcus aureus*-Stamm, 4 *Staphylococcus epidermidis*-Stämme und 2 *Micrococcus spec.*-Stämme der Resistenzprüfung nicht unterzogen werden
- 2 : 1 *Streptococcus faecalis*-Stamm, der in der OP-Pause zwischen den allgemeinchirurgischen Operationen Nr. 48 und 49 gewonnen wurde, ist nicht berücksichtigt.
- Mäßig empfindlich wurde als resistent gerechnet.
- a) Carbenicillin 100 µg
b) Penicillin G 10 µg
c) Gentamicin 10 µg
d) Nalidixinsäure 30 µg
e) Ampicillin 10 µg
f) Oxacillin 5 µg
g) Cloxacillin 30 µg
h) Chloramphenicol 30 µg

3.3.4 Vergleich der Resistogramme der patienteneigenen Keime und der Resistogramme der aus der Luft isolierten nosokomialen Infektionserreger

In diesem Abschnitt soll der Frage nachgegangen werden, ob die Operationswunde des Patienten als Quelle für Luftkeime nachgewiesen werden kann, d.h. ob aus der Luft die gleichen nosokomialen Infektionserreger wie aus den infizierten Wunden der Patienten isoliert werden konnten.

Den Tabellen 9 und 10 ist zu entnehmen, daß nur während der beiden septischen knochenchirurgischen Operationen Nr. 18 und 27 die gleiche Keimart - beide Male *Staphylococcus aureus*-Stämme - nicht nur aus der Luft, sondern auch aus den infizierten Wunden der beiden Patienten isoliert werden konnte. Während anderer septischer Eingriffe wurde der entsprechende Keim nicht aus der Luft isoliert.

Von den verschiedenen Möglichkeiten, einen nosokomialen Infektionserreger zwecks epidemiologischer Studien zu typisieren (17, 37), wurde hier das Antibiotogramm gewählt, weil dies die einzige, weiterführende Information über die patienteneigenen Keime war, welche den Krankengeschichten zu entnehmen war. Einschränkend muß jedoch gesagt werden, daß zwei Stämme derselben Keimart trotz gleicher Antibiotogramme unterschiedliche Lysotypie-Ergebnisse aufweisen und damit nicht identisch sein können (81).

Durch Vergleich der Resistogramme kann ein epidemiologischer Zusammenhang also wahrscheinlich oder unwahrscheinlich erscheinen, er kann aber nicht sicher nachgewiesen werden.

Vom Patienten Nr. 18 wurden im Verlaufe der ersten drei Monate des Jahres 1979 viermal Wundabstriche bzw. Eiter an das Medizinaluntersuchungsamt eingeschickt, der Erreger jedesmal als *Staphylococcus aureus* identifiziert und Antibiotogramme angefertigt. Alle vier zeigen übereinstimmend eine Resistenz gegen Penicillin G und ansonsten Empfindlichkeit gegen die Chemotherapeutika Tetracyclin, Gentamycin, Lincomycin, Oxa-

cillin, Cefalotin, Trimethoprim/Sulfamethoxazol, Sulfonamide und Fusidinsäure.

Der Tabelle 13 ist zu entnehmen, daß der während der Operation 18 aus der Luft isolierte Staphylococcus aureus-Stamm gegen Gentamycin resistent ist, im Gegensatz zum patienteneigenen Keim. Damit besteht in diesem Falle keine Übereinstimmung der Antibiotogramme und damit wahrscheinlich kein Zusammenhang zwischen den beiden Staphylococcus aureus-Stämmen.

Der Patient Nr. 27 wies bereits während zweier Untersuchungen von Wundabstrichen im Jahre 1978 beide Male sowohl Staphylococcus aureus als auch β -hämolytische Streptokokken auf. Die Antibiotogramme aus diesem Jahr waren den Krankenakten nicht zu entnehmen. Als die gleichen Keimarten Anfang Februar 1979 erneut nachgewiesen wurden, zeigten sie eine Resistenz gegen Tetracyclin, Gentamycin, Penicillin G, Trimethoprim/Sulfamethoxazol und Fusidinsäure. Nur gegen Oxacillin, Cefalotin und Sulfonamide waren die Keime empfindlich. (Diese Angaben beziehen sich auf die Mischkultur Staphylococcus aureus/ β -hämolytische Streptokokken und sind daher nur bedingt zu bewerten.)

Am Operationstag, dem 19.3.1979, und noch einmal drei Tage später, wurde im Wundbereich ein Staphylococcus aureus-Stamm als Reinkultur festgestellt, der empfindlich gegen alle oben genannten Antibiotika war. Die in der Zwischenzeit erfolgte, "aggressive" Chemotherapie mit Amoxycillin und Ampicillin hatte offensichtlich die β -hämolytischen Streptokokken beseitigt. Die Tabelle 13 zeigt, daß der während der Operation 27 sedimentierte Staphylococcus aureus-Stamm resistent gegen Tetracyclin und Penicillin G ist; der patienteneigene, am selben Tage gewonnene Erreger ist jedoch gegen beide Chemotherapeutika empfindlich. Es besteht also keine Übereinstimmung der Antibiotogramme und damit wahrscheinlich kein Zusammenhang zwischen den beiden Staphylococcus aureus-Stämmen.

Insgesamt konnte damit an Hand eines Vergleiches der Resistogramme von patienteneigenen und Luftkeimen festgestellt

werden, daß es sich beide Male wahrscheinlich um verschiedene Stämme handelt. Nach diesen Ergebnissen ist es unwahrscheinlich, daß die Operationswunde des "septischen Patienten" Keime in die Luft streut.

3.3.5 Resistogramme aller identifizierten Keime

In der Tabelle 14 ist der Anteil der resistenten Keime für jedes der 12 geprüften Chemotherapeutika in Prozent von der Gesamtzahl angegeben. Dabei sind die Erregerarten *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus saprophyticus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Micrococcus spec.* und *Klebsiella pneumoniae* berücksichtigt.

Die Resistogramme sind sowohl für die Allgemein- und Knochenchirurgie getrennt, wie auch für beide Operationsdisziplinen gemeinsam aufgeführt.

Zuerst fällt auf, daß die von SIMON und STILLE (69) gemachte Feststellung, alle grampositiven Kokken seien gegen Nalidixinsäure resistent, durch die vorliegende Untersuchung nicht bestätigt wird. 43% aller *Staphylococcus epidermidis*-Stämme und 37% aller *Micrococcus spec.*-Stämme sind hier gegen dieses Chemotherapeutikum empfindlich.

Die Keimart *Staphylococcus epidermidis* weist in der Allgemeinchirurgie etwa das gleiche Resistenzmuster wie in der Knochenchirurgie auf. Auch für die anderen Keimgruppen trifft diese Feststellung zu, ist aber wegen der geringen Gesamtzahl der Erreger wenig aussagekräftig.

Vergleicht man die Resistenzmuster der grampositiven Kokken untereinander, so fällt auf, daß *Staphylococcus saprophyticus* und *Micrococcus spec.* gegen nahezu alle geprüften Chemotherapeutika (außer Nalidixinsäure) empfindlich sind. Für *Staphylococcus epidermidis* werden im Gegensatz dazu wesentlich häufiger Resistenzen nachgewiesen. Sein Resistogramm gleicht

mehr dem von *Staphylococcus aureus*, obwohl letztere Keimart bei Gentamycin, Nalidixinsäure, Penicillin G, Ampicillin und Chloramphenicol doch merklich öfter resistent ist.

Diese Ähnlichkeit wirft die Frage auf, ob nicht auch in der Gruppe der *Staphylococcus epidermidis*-Stämme mehrfachresistente Keime vorkommen können, die unter Umständen als nosokomiale Infektionserreger in Frage kämen.

Die Tabelle 15 befaßt sich ausführlicher mit der Resistenzsituation von *Staphylococcus epidermidis*. Danach weisen 22% aller untersuchten *Staphylococcus epidermidis*-Stämme keine Resistenz auf, 29% nur eine, 20% zwei, 16% drei, 10% vier und 3% fünf Resistenzen. Ein Keim war gegen sechs und ein weiterer gegen acht der zwölf geprüften Chemotherapeutika unempfindlich.

Zuletzt soll noch erwähnt werden, daß unter 59 Operationen 37 waren, bei denen mindestens zwei (und bis vier) der isolierten *Staphylococcus epidermidis*-Stämme ein identisches Resistenzmuster aufwiesen und daher möglicherweise derselben Keimquelle entstammten.

	Gesamt- zahl	keine Re- sistenz	1 Resi- stenz	2 Resi- stenzen	3 Resi- stenzen	4 Resi- stenzen	5 Resi- stenzen	6 Resi- stenzen	8 Resi- stenzen
Allgemeinchirurgie (37 OPs)	127 ¹	30	39	22	19	13	4	0	0
Knochenchirurgie (22 OPs)	95	18	25	22	16	10	2	1	1
gesamt (beide OP-Disziplinen)	222 ¹	48	64	44	35	23	6	1	1
gesamt (in Prozent)	100	22	29	20	16	10	3	>0	>0

Tab. 15: Mehrfachresistenzen von *Staphylococcus epidermidis*

Erläuterungen:

¹: von 226 *S. epidermidis* wurden aus technischen Gründen nur 222 einer Resistenzprüfung unterzogen; siehe auch Erläuterungen zu Tab. 14

4. DISKUSSION

4.1 Vergleich des Impaktions- und des Sedimentationsverfahrens

Bei einer Gegenüberstellung der mit der quantitativen Impaktions- und mit der semiquantitativen Sedimentationsmethode erhaltenen Ergebnisse läßt sich folgendes feststellen:

Die Schwankungen des mit beiden Verfahren bestimmten Luftkeimgehaltes über die Zeit stimmen relativ gut überein.

Zur Erfassung von nosokomialen Infektionserregern erwiesen sich die Sedimentationsplatten in dieser Versuchsreihe als ebenso geeignet wie der Andersen-Sampler: aus 60 impaktierten Mikroorganismen wurden 3 Erreger nosokomialer Infektionen isoliert; 194 mit der semiquantitativen Methode gesammelte und identifizierte Bakterien wiesen 7 nosokomiale Infektionserreger auf.

Ähnliches fanden DOHRMANN und KANZ (28), bei denen die Sedimentationsmethode nicht nur gleichwertig, sondern sogar überlegen war, wobei allerdings der Casella-Slit-Sampler als Impaktor verwendet wurde.

Mit beiden Verfahren wurden im OP-Saal B der durchschnittlich höchste Keimpegel - insbesondere während aseptischer allgemeinchirurgischer Operationen - und im OP-Saal C circa 30% weniger Keime als im OP-Saal B festgestellt. Die im OP-Saal E ermittelten Luftkeimkonzentrationen unterschieden sich jedoch, je nachdem welche Methode zur Bestimmung des Luftkeimgehaltes herangezogen wurde. Der Andersen-Sampler zeigte für OP-Saal E nur ein geringfügig besseres Ergebnis als für OP-Saal B, so daß nach dieser Methode der OP-Saal C der keimärmste OP-Saal war. Mit dem Sedimentationsverfahren konnten jedoch im OP-Saal E nur etwa halb so viele Keime wie im OP-Saal B nachgewiesen werden, so daß damit der OP-Saal E sogar wesentlich keimärmer erscheint als der OP-Saal C.

Bei dem eben angestellten Vergleich muß einerseits berücksichtigt werden, daß die Impaktion als quantitative Methode im Vergleich zur semiquantitativen Sedimentationsplatten-Methode den Luftkeimgehalt sicherlich wesentlich genauer ermittelt, da sie nicht nur die sedimentationsfähigen Partikel sondern nahezu alle Luftkeime - einschließlich der Schwebkeime - erfaßt. Andererseits erscheinen die im Altbau trakt gelegenen OP-Säle B und C, die beide eine nahezu identische räumliche Konstruktion und Innenausstattung aufweisen, untereinander besser vergleichbar als mit dem OP-Saal E, der im Neubau trakt liegt, kleiner und niedriger ist und eine leistungsfähigere RLT-Anlage aufweist.

Die zur Beurteilung des lufthygienischen Standards eines Raumes unentbehrlichen qualitativen Befunde werden im Kapitel 4.4 diskutiert.

4.2 Bewertung der verwandten Nährböden

Es soll nun kurz berichtet werden, wie sich die verschiedenen Nährböden, die in den Kapiteln 2.2.2 und 2.2.3 bereits charakterisiert wurden, bei den beiden Verfahren der Impaktion und der Sedimentation bewährt haben.

Zunächst war auffällig, daß die fünf hauptsächlich für den Andersen-Sampler verwandten Nährmedien Blut-Agar, Trypton-Soja-Agar, Eisen-Zweizucker Agar nach Kligler, TS-Agar mit 10% NaCl-Zusatz und Endo-Agar beim Sedimentationsverfahren sehr ähnliche Relationen wie bei der Impaktion ergaben; d.h. mit beiden Methoden fanden sich auf Blut-Agar die höchsten Keimzahlen, auf Trypton-Soja-Agar ca. 90%, auf Kligler-Agar ca. 70% und auf 10%igem Kochsalz-Agar ca. 40% der auf Blut-Agar erzielten Bakterienzahlen. Der Selektivnährboden nach Endo zeigte ganz selten Bewuchs.

Dieses Ergebnis steht im Gegensatz zu der Empfehlung von ANDERSEN (4), nur Blut-Agar für den Andersen-Sampler zu verwenden, da andernfalls die vom Ansaugvorgang ausgetrockneten und beschädigten Mikroorganismen nur schwer Kolonien bilden würden. Die hier vorgelegten Zahlen zeigen, daß auch ein gewöhnlicher Nährboden wie Trypton-Soja-Agar oder Differenzierungs- und Selektivmedien wie Kligler-, Endo- oder Kochsalz-Agar mit demselben Erfolg beim Impaktions- wie beim Sedimentationsverfahren angewandt werden können.

Bereits zu Beginn der Untersuchungen erwiesen sich die Nährböden TS-Agar mit 6,5% NaCl-Zusatz und TS-Agar mit 15% NaCl-Zusatz als weniger geeignet und wurden daher nicht mehr verwandt (siehe Kap. 2.2). Mit Dextrose-Sabouraud-Agar wurde nachgewiesen, daß Pilzsporen in den untersuchten Operationsälen sehr selten waren. Nahezu ebenso selten waren gramnegative Keime auf Endo-Agar. Dennoch wurde dieser Selektivnährboden - im Gegensatz zu Sabouraud-Dextrose-Agar - während aller Probenentnahmen für beide Verfahren beibehalten, da bei dieser Untersuchung der Nachweis insbesondere auch gramnegativer nosokomialer Infektionserreger im Mittelpunkt stand.

4.3 Quantitative Luftkeimbefunde

4.3.1 Allgemeinchirurgische Operationen

Die Probenentnahmen während aseptischer allgemeinchirurgischer Operationen erbrachten im OP-Saal B einen durchschnittlichen Keimpegel von 273 KBE/m^3 mit Spitzen bis zu 495 KBE/m^3 , während im OP-Saal E der Mittelwert von 181 KBE/m^3 und der Höchstwert von 263 KBE/m^3 weit niedriger waren. Damit genügen diese Ergebnisse weder amerikanischen Maßstäben (33), wonach 70 KBE/m^3 nicht überschritten werden dürfen, noch den Empfehlungen des Schweizerischen Krankenhausinstituts (zit. nach 75), das 200 KBE/m^3 als gerade noch akzeptablen Höchstwert ansetzt; beide Normen gelten für die Allgemeinchirurgie, nicht für die Knochenchirurgie. Die im OP-Saal E gemessenen Werte kommen den Schweizer Anforderungen schon recht nahe, lediglich die Spitzenwerte sind zu hoch.

Eine solche Überschreitung der Sollwerte ist jedoch kein Einzelfall, wie die im Kap. 1.2.3 ausführlich zitierten Beispiele zeigen. Daher erhebt sich in diesem konkreten Falle die Frage, ob beispielsweise für die OP-Räume B und E unter den gegebenen technischen und räumlichen Umständen überhaupt noch eine Verbesserung möglich ist.

Zur Beantwortung kann man den OP-Saal B mit dem nahezu identischen OP-Saal C vergleichen, der mit durchschnittlich 138 KBE/m^3 ein wesentlich vorteilhafteres Ergebnis erzielte und den OP-Saal E mit zwei von BOTZENHART und HOPPENKAMPS (14) untersuchten, orthopädischen Operationssälen einer anderen Klinik, die eine vergleichbare Klimaanlage hatten und nur 70 bzw. 140 KBE/m^3 aufwiesen. Beiden Vergleichen ist gemeinsam, daß ein allgemeinchirurgischer einem knochenchirurgischen Operationssaal gegenübergestellt wird, wobei sich das Personal einschließlich des Operationsteams der sehr großen Infektionsgefährdung des Patienten während knochenchirurgischer Eingriffe bewußt ist und dementsprechend sorgfältig unter Beachtung hygienischer Gesichtspunkte arbeitet. Dadurch wurden sehr viel niedrigere Keimpegel im Raume erzielt als wäh-

rend allgemeinchirurgischer Operationen.

Es kann also für die Allgemeinchirurgie die Folgerung gezogen werden, daß auch unter nicht optimalen technischen und baulichen Voraussetzungen bei großem persönlichen Einsatz durchaus befriedigende hygienische Zustände erreicht werden könnten, die sogar den Schweizer Richtlinien genügen würden. Da für knochenchirurgische Eingriffe wesentlich strengere Maßstäbe gelten, soll über den Raum C erst im folgenden Kapitel diskutiert werden.

Die Ergebnisse bei septischen allgemeinchirurgischen Operationen wurden bewußt nicht interpretiert, da in OP-Saal B während der Probenentnahmen nur eine stattfand, die überdies nicht mit Impaktor-, sondern nur mit Sedimentationsplattenmessungen erfaßt wurde. In OP-Saal E wurde während des Untersuchungszeitraumes auch nur eine septische allgemeinchirurgische Operation durchgeführt, die bereits nach 7 Minuten beendet war. Wegen dieser Kürze konnte (bei einer Meßdauer des Impaktors von jeweils 10 Minuten) der ziemlich hohe Anfangspegel, der zu Beginn sehr vieler Operationen durch das Hereintragen des Patienten und andere Aktivitäten entsteht, nicht mehr durch niedrige Werte in der Operationsmitte relativiert werden, wie es bei längeren Operationen meist der Fall ist (siehe Kap. 3.2.2.1). Der wirklich sehr hohe Wert von 330 KBE/m³ während dieser septischen Operation sollte daher mehr auf diese Umstände als auf die Operationsart zurückgeführt werden.

Wie bereits in Kapitel 4.1 erwähnt, erscheint es problematisch, die OP-Säle B oder C mit dem OP-Saal E zu vergleichen: Der moderne OP-Saal E unterscheidet sich durch eine leistungsfähigere Klimaanlage, aber auch durch ein geringeres Raumvolumen von den im Altbau trakt gelegenen OP-Sälen B und C. Da beide Faktoren nach DUVLIS (30) und nach DUVLIS und DRESCHER (31) die Keimpegel wesentlich beeinflussen, sind diese Räume schlecht zu vergleichen. Weil oben mehrfach auf die Wichtigkeit des Hygienebewußtseins von Operationsteam und

OP-Personal hingewiesen wurde, muß hier betont werden, daß die niedrigeren Keimzahlen von OP-Saal E im Vergleich zu OP-Saal B wahrscheinlich auf "Raumfaktoren" und nicht auf ein unterschiedliches Verhalten der darin arbeitenden Personen zurückzuführen sind. Beobachtungen während der Probenentnahmen bestätigen diese Vermutung.

4.3.2 Knochenchirurgische Operationen

Sowohl von amerikanischen Wissenschaftlern (33) wie in den Richtlinien des Schweizerischen Krankenhausinstituts (zitiert nach 75) wird gefordert, daß während knochenchirurgischer Operationen eine Luftkeimkonzentration von 10 KBE/m^3 nicht überschritten werden darf.

Daher erscheint der für den OP-Saal C während aseptischer knochenchirurgischer Eingriffe bestimmte Mittelwert von 138 KBE/m^3 bei einem Spitzenwert von 465 KBE/m^3 entschieden zu hoch.

Anhand eines Vergleiches mit den noch weit höheren Keimzahlen im OP-Saal B wurde bereits darauf hingewiesen, daß die geringere Luftkeimkonzentration im OP-Saal C wahrscheinlich auf aktionell-organisatorische Faktoren (z.B. geringere Personalfluktuation, geschlossene Türen) zurückzuführen ist.

Am Beispiel der Pause vor der Operation Nr. 37 wird der luftkeimerhöhende Einfluß von "Fegen" deutlich. Letzteres führte zu einer Luftkeimkonzentration von 540 KBE/m^3 . Während der Operation Nr. 37 selbst sank die Luftkeimkonzentration zuerst auf 428 KBE/m^3 und danach auf 225 KBE/m^3 ab. Der relativ hohe Durchschnittswert von 326 KBE/m^3 für diesen Eingriff, auf den bereits im Kapitel 3.2.2.2 und in Tabelle 10 hingewiesen wurde, ist damit sehr wahrscheinlich auf das vorherige Auffegen des Fußbodens zurückzuführen.

Während es für die OP-Säle B und E nicht ausgeschlossen erscheint, daß bei größerem personellen Einsatz Keimzahlen er-

reicht werden könnten, welche unter der Schweizer Höchstnorm von 200 KBE/m³ liegen, erscheint vergleichbares für OP-Saal C nicht möglich. Selbst bei noch größerem Bemühen ist der Unterschied von 138 KBE/m³ und 10 KBE/m³ zu groß.

Die Vermutung, die niedrigeren Luftkeimpegel im OP-Saal C gegenüber dem OP-Saal B würden durch hygienebewußteres Verhalten des Operationsteams und -personals während knochen-chirurgischer Eingriffe bewirkt, wird dadurch bestätigt, daß auch während der im OP-Saal B stattfindenden, septischen knochenchirurgischen Operationen ein ähnlich niedriger Keim-pegel von 142 KBE/m³ wie sonst nur im OP-Saal C festgestellt wurde.

Es ist zudem beachtenswert, daß die Luftkeimpegel während septischer (142 KBE/m³) und während aseptischer (138 KBE/m³) knochenchirurgischer Eingriffe fast identisch sind. Nach dem quantitativen Befund zu urteilen, stellt der "septische Pa-tient" wahrscheinlich nur eine unbedeutende Streuquelle für Luftkeime dar.

4.4 Qualitative Luftkeimbefunde

Von den 10 isolierten nosokomialen Infektionserregern wurden insgesamt 3 während 6 septischer, insgesamt 6 während 53 aseptischer Eingriffe und 2 während einer Pause bzw. im Flur gewonnen. Damit sind während septischer Eingriffe relativ häufiger luftgetragene Infektionserreger gesammelt worden als während aseptischer Eingriffe. Der Grund ist wahrscheinlich nicht in dem unterschiedlichen Kontaminationsgrad der Operationswunde zu suchen, da die Resistogramme der Luftkeime nie mit denen der patienteneigenen Erreger übereinstimmten. Es sei daran erinnert, daß auch die quantitativen Befunde keinen Unterschied zwischen septischen und aseptischen Eingriffen aufzeigten, so daß nach beiden Untersuchungsmethoden der "septische Patient" kaum Keime zu emittieren scheint.

Die Ursache für das oben erwähnte, häufigere Vorkommen nosokomialer Infektionserreger in der Luft während septischer Operationen bleibt letztlich unklar; es sollte in diesem Rahmen nicht überbewertet werden, da sowohl die Gesamtzahl dieser Eingriffe als auch die der nosokomialen Infektionserreger in der vorliegenden Untersuchung gering sind.

Auch die Tatsache, daß während 22 knochenchirurgischer Operationen etwas häufiger luftgetragene nosokomiale Infektionserreger gefunden wurden als während 37 allgemeinchirurgischer Eingriffe, wird durch die geringe Anzahl der nosokomialen Infektionserreger relativiert.

Ein positiver Zusammenhang zwischen den quantitativen und den qualitativen Befunden ist in der vorliegenden Arbeit nicht sicher herzustellen, da z.B. im OP-Saal B während septischer allgemeinchirurgischer Eingriffe die höchsten Luftkeimkonzentrationen, aber nur ein nosokomialer Infektionserreger gefunden wurde. Die übrigen drei im OP-Saal B isolierten nosokomialen Infektionserreger wurden während der mit sehr niedrigen Luftkeimkonzentrationen einhergehenden septischen knochenchirurgischen Eingriffe gesammelt.

Auszuschließen ist ein solcher positiver Zusammenhang aber auch nicht, da beispielsweise im relativ keimarmen OP-Saal C auch nur ein nosokomialer Infektionserreger gefunden wurde, während in den OP-Sälen B und E je vier nosokomiale Infektionserreger isoliert wurden.

Sehr auffällig waren noch die Antibiotogramme mehrerer *Staphylococcus epidermidis*-Isolate, welche Mehrfachresistenzen aufwiesen (im Höchstfalle 8 von 12 geprüften Chemotherapeutika), so daß auch dieser Keim als nosokomialer Infektionserreger in Frage kommt. Bereits von anderen Autoren (22, 71) wurden die Bedeutung von *Staphylococcus epidermidis* (22) bzw. von Staphylokokken ohne Pathogenitätsmerkmale (71) als Erreger krankenhauserworbener Infektionen hervorgehoben. (Nähere Angaben zu der Differenzierung bzw. zur Art der Pathogenitätsmerkmale wurden in den zitierten Literaturstellen nicht gemacht.)

In der Literatur werden *Staphylococcus aureus* und gramnegative Stäbchen als die beiden häufigsten Erregerarten für chirurgische Wundinfektionen genannt (10, 11, 24, 76).

Auch bei der vorliegenden Untersuchung dominieren diese beiden Keimgruppen: von 10 isolierten nosokomialen Infektionserregern waren 7 *Staphylococcus aureus*-Stämme und 2 *Klebsiella pneumoniae*-Stämme. Da in diesem Rahmen keine Nachuntersuchung der während der Probenentnahmen operierten Patienten erfolgte, kann nicht angegeben werden, ob diese nun an einer Wundinfektion erkrankt sind oder nicht.

4.5 Diskussion der Ergebnisse im Zusammenhang zu einer Parallel-Untersuchung auf der chirurgischen Intensivpflegestation

Vergleicht man die im Operationstrakt ermittelten, oben ausführlich diskutierten Luftkeimbefunde mit denen, die im selben Zeitraum und im selben Krankenhaus auf der operativen Intensivpflegestation erhoben wurden (82), so fällt auf, daß die Keimzahlen in allen Operationsräumen höher liegen als auf der Intensivpflegestation. Dies dürfte auf die größere personelle Aktivität in der Operationsabteilung zurückzuführen sein.

Daneben ist ebenfalls interessant, daß in den Pflegeeinheiten "septischer Patienten" ein wesentlich niedrigerer Mittelwert (66 KBE/m^3) zu beobachten war als bei den "aseptischen Patienten" (118 KBE/m^3). WULLENWEBER et al. (82) machen dafür die verstärkten antiseptischen Maßnahmen des Pflegepersonals in der septischen Abteilung verantwortlich. Auch diese Autoren räumen damit personellen Bemühungen einen großen Einfluß auf die aerogene Keimverschleppung ein.

In der Operationsabteilung ist in Anbetracht der hohen quantitativen Befunde die Zahl der aus der Luft isolierten nosokomialen Infektionserreger überraschend gering: von 254 ausgewählten und differenzierten Keimen waren nur 10 Hospitalismuserreger (- die mehrfachresistenten Staphylococcus epidermidis-Isolate nicht mitgerechnet). Dieses Ergebnis steht im krassen Gegensatz zu dem Befund der Parallel-Untersuchung auf der operativen Intensivpflegestation, wo trotz niedrigerer Gesamtluftkeimzahlen wesentlich mehr Infektionserreger gefunden wurden (80, 81): unter ca. 250 identifizierten Keimen waren über 50 nosokomiale Infektionserreger.

Daraus folgt, daß die Gesamtkeimzahl über die tatsächliche Gefährdung des Patienten auf aerogenem Wege noch wenig aussagt und unbedingt durch qualitative Untersuchungen ergänzt, wenn nicht gar ersetzt werden muß.

Als Indikator für das hygienische Niveau eines OP-Saales oder einer Intensivpflegestation ist die Gesamtzahl der Luftkeime jedoch durchaus geeignet (72, 75).

5. ZUSAMMENFASSUNG

In drei Operationssälen und einem vorgelagerten Flur wurde mit einer quantitativen und einer semiquantitativen Methode die Gesamtkeimzahl in der Luft als Indikator für den Reinheitsgrad dieser Operationssäle festgestellt. In einer anschließenden qualitativen Untersuchung dieser Luftkeime wurden Anhaltspunkte dafür gesucht, ob einerseits der "septische Patient" mehr Keime als der "aseptische" in die Luft austreut und ob andererseits ein Zusammenhang zwischen der Gesamtkeimzahl und der Anzahl luftgetragener nosokomialer Infektionserreger besteht.

Die Proben wurden während sechs aufeinanderfolgender Wochen an jeweils einem Tag während des gesamten Operationsprogrammes sowohl mit Sedimentationsplatten als auch mit dem 6-Kaskaden-Impaktor nach Andersen entnommen. Während der Einsatz von komplexen Nährböden die Feststellung der Gesamtkeimzahl ermöglichte, wurde mit Hilfe von Differenzierungsnährböden bereits im ersten Arbeitsgang eine Selektion der Bakterienkolonien vorgenommen. Pro Operation wurde eine bestimmte Anzahl Keime mit ausgeprägter β -Hämolyse und alle auf Endo-Agar gewachsenen Kolonien identifiziert.

Die während aseptischer Eingriffe ermittelten Luftkeimkonzentrationen lagen in allen drei Operationssälen hoch:

Im allgemeinchirurgischen OP-Saal B des Altbautraktes wurden durchschnittliche Werte von 273 KBE/m^3 , im allgemeinchirurgischen OP-Saal E des Neubautraktes von 181 KBE/m^3 und im knochenchirurgischen OP-Saal C des Altbautraktes von 138 KBE/m^3 gemessen.

An die knochenchirurgischen Operationssäle werden bezüglich der Luftkeimkonzentrationen strengere Maßstäbe gestellt als sie von OP-Saal C erreicht wurden. Als einziger OP-Saal kam OP-Saal E den für die allgemeinchirurgischen Operationsräume empfohlenen Werten am nächsten, wobei davon auszugehen ist, daß die RLT-Anlage nur im OP-Saal E eine dreistufige Filtra-

tion aufweist.

Septische Eingriffe fanden nur wenige statt. Die quantitativen Befunde ließen keine Unterschiede für die beiden Operationsarten septisch und aseptisch erkennen.

Tendenziell wurde eine Abhängigkeit der Luftkeimpegel vom Aktivitätsgrad des Personals festgestellt.

Auch im Hinblick auf qualitative Befunde war der OP-Saal C der keimärmste Raum, da hier während der gesamten Probenentnahmen nur 1 nosokomialer Infektionserreger gefunden wurde, im OP-Saal B waren es 4, ebenso im OP-Saal E, und zwar insgesamt 7 *Staphylococcus aureus*-Stämme, 1 *Streptococcus faecalis*-Stamm und 1 *Klebsiella pneumoniae*-Stamm.

Im Flur wurde noch ein weiterer *Klebsiella pneumoniae*-Stamm isoliert. Ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten der nosokomialen Infektionserreger und hohen quantitativen Befunden wurde nicht festgestellt.

Da von 10 nosokomialen Infektionserregern 3 auf insgesamt 6 septische und 5 auf 53 aseptische Operationen entfielen, erhob sich die Frage, ob die in der Luft gefundenen Keime mit den patienteneigenen identisch waren. Mit Hilfe eines Vergleiches der Antibiotogramme konnte dies unwahrscheinlich gemacht werden; aussagekräftigere, aber auch aufwendigere Methoden wie die Lysotypie wurden nicht verwendet.

Die septische Operationswunde kam also in diesen Untersuchungen als Keimquelle für luftgetragene nosokomiale Infektionserreger wahrscheinlich nicht in Frage.

Auffällig waren noch mehrere *Staphylococcus epidermidis*-Isolate, die bis zu 8 Resistenzen bei 12 geprüften Chemotherapeutika aufwiesen und damit für den Patienten - insbesondere in der Knochenchirurgie - möglicherweise eine ebenso große Gefahr darstellten wie die aus der Luft isolierten *Staphylococcus aureus*-Stämme. Letztere waren gegen höchstens 4 Chemotherapeutika unempfindlich gewesen.

6. LITERATURVERZEICHNIS

- (1) ACKERKNECHT, E.:
Geschichte der Medizin (4. Aufl.). Enke-Verlag, Stuttgart 1979
- (2) ALLEN, P. and D.A. REYNOLDS:
Clean air operating environments. Brit. J. Hosp. Med. 20, 591-598 (1978)
- (3) ALTEMEIER, W.A., J.F. BURKE, B.A. PRUITT and W.R. SANDUSKY:
Infektionsbekämpfung in der Chirurgie. Hrsg.: American College of Surgeons. Deutsche Bearbeitung: LICK, R.F. Schattauer-Verlag, Stuttgart-New York 1979
- (4) ANDERSEN, A.A.:
New Sampler for the Collection, Sizing and Enumeration of Viable Airborne Particles. J. Bact. 76, 471-484 (1958)
- (5) ANONYM:
Anforderungen der Hygiene an die bauliche und funktionelle Gestaltung von Operationsabteilungen. Anlage zu Ziffer 4.3.3 der "Richtlinie für die Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Krankenhausinfektionen". Bundesgesundheitsblatt 22, 183-185 (1979)
- (6) ANONYM:
Raumlufttechnische Anlagen (VDI-Lüftungsregeln), raumlufttechnische Anlagen in Krankenhäusern. DIN 1946, Teil 4. Beuth-Verlag, Berlin und Köln 1978
- (7) ANONYM:
Mikrobiologisches Handbuch (Fa. Merck). E. Merck, Darmstadt
- (8) ANONYM:
Oxoid-Handbuch (3. Aufl.). Oxoid GmbH, Deutschland, Wessel 1977
- (9) AYE, R.-D.:
Die Bestimmung der Lufkeimzahl. Pharm. Zeit. 123, 419-425 (1978)
- (10) BAUER, R. und E. SEMENITZ:
Möglichkeiten der Infektionsprophylaxe bei Alloarthroplastiken. Orthopäd. Prax. 12, 689-693 (1976)
- (11) BENGTTSSON, S., A. HAMBRAEUS and G. LAURELL:
Wound infections after surgery in a modern operating suite: clinical, bacteriological and epidemiological findings. J. Hyg. (Camb.) 83, 41-57 (1979)

- (12) BISA, K. und E. PETRAS:
Lufthygiene - ein Aerosolproblem. Zbl. biolog. Aerosol-
forschung 11, 99-105 (1960/61)
- (13) BOTZENHART, K.:
Hygienische Gefahrenquellen im apparativen und techni-
schen Bereich des Krankenhauses. Immunität und Infektion
5, 77-83 (1977)
- (14) BOTZENHART, K. und G. HOPPENKAMPS:
Vergleich der Wundkontamination in konventionell und
turbulenzarm belüfteten Operationsräumen. Zbl. Bakt.
Hyg., I. Abt. Orig. B 167, 29-37 (1978)
- (15) BOTZENHART, K. und H. RÜDEN:
Zur Beurteilung von Klimaanlage im Krankenhaus. Klima-
Kälte-Technik 7, 139-143 (1973)
- (16) CARLSON, S.:
Ursachen und Bedeutung der Krankenhausinfektion. Arzt
und Krankenhaus 1, 19-25 (1978)
- (17) CASELITZ, F.-H. und V. FREITAG:
Der Hospitalismus aus der Sicht des Mikrobiologen. Lab.
med. 3, 27-31 (1979)
- (18) CHAPMAN, G. H.:
The significance of sodium chloride in studies of sta-
phylococci. J. Bact. 50, 201-203 (1945)
- (19) CHARNLEY, J.:
Clean air in the operating room. Cleveland Clin. Quart.
40, 99-114 (1973)
- (20) COOK, R. and N. A. BOYD:
Reduction of microbial contamination of surgical wound
areas by sterile laminar air-flow. Brit. J. Surg. 58,
48-52 (1971)
- (21) DASCHNER, F.:
Grundlagen der Krankenhaushygiene und das Hospitalis-
musproblem. Intensivmed. 14, 163-168 (1977)
- (22) DASCHNER, F.:
Patientenorientierte Krankenhaushygiene. Infection 8,
243-247 (1980)
- (23) DASCHNER, F.:
Patientenorientierte Verhütung und Bekämpfung kranken-
hauserworbener Infektionen. Klin. Wochenschrift 57,
1203-1208 (1979)
- (24) DASCHNER, F.:
Prioritäten der Infektionsprophylaxe auf Intensivsta-
tionen. Infection 6, 182-186 (1978)

- (25) DASCHNER, F., H. NADJEM, H. LANGMAACK and W. SANDRITTER:
Surveillance, prevention and control of hospital acquired infections. III. Nosocomial infections as cause of death: Retrospective analysis of 1000 autopsy reports. Infection 6, 261-265 (1978)
- (26) DIEPGEN, P.:
Geschichte der Medizin (2. Aufl.). de Gruyter-Verlag, Berlin 1965
- (27) DIETRICH, M.:
Patienten mit erhöhtem Infektionsrisiko. Krankenhausarzt 50, 345-347 (1977)
- (28) DOHRMANN, R. und E. KANZ:
Der hygienische Aussagewert bakteriologischer Umgebungsuntersuchungen in chirurgischen Kliniken. Chirurg 49, 189-193 (1978)
- (29) DUGUID, J.P. and A.T. WALLACE:
Air infection with dust liberated from clothing. Lancet 2, 845-849 (1948)
- (30) DUVLIS, Z.:
Luftkeimzahlen im Operationsraum. Öffentliches Gesundheitswesen 41, 13-16 (1979)
- (31) DUVLIS, Z. und J. DRESCHER:
Untersuchungen über den Luftkeimgehalt in konventionell klimatisierten Operationssälen. Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 170, 185-198 (1980)
- (32) ELEK, S.D.:
Experimental staphylococcal infections in the skin of men. Ann. N. Y. Acad. Sci. 65, 85-89 (1956)
- (33) GALSON, E. and K.R. GODDARD:
Hospital air conditioning and sepsis control. Ashrae J. 10, 33-41 (1968)
- (34) GIERHAKE, F.W.:
Organisation der Krankenhaushygiene. Arzt und Krankenhaus 7, 239-241 (1979)
- (35) GOODRICH, E.O., W.W. WHITFIELD, W.S. BLAKEMORE and W.C. BECK:
Laminar clean air flow in operating rooms. Bull. American College of Surgeons, 9-14 (July 1973)
- (36) GROSSMANN, G. und B. LIEBETRAU:
Zu einigen aktuellen Problemen der Krankenhaushygiene. J. Hyg. Epidemiology, Microbiology, Immunology 22, 1-9 (1978)

- (37) GRÜN, L.:
Möglichkeiten und Grenzen der Ermittlung von Infektionsquellen. Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 168, 45-54 (1979)
- (38) GUNDERMANN, K.-O.:
Reduzierung der Infektionsgefahren im Krankenhaus durch bauliche Maßnahmen. Hyg. u. Med. 3, 280-283 (1978)
- (39) HALEY, R.W.:
Preliminary cost-benefit analysis of hospital infection control programs (The SENIC Project). In: Proven and unproven methods in hospital infection control. F. DASCHNER (Editor). Fischer-Verlag, Stuttgart-New York 1978
- (40) HALLMANN, L. und F. BURCKHARDT:
Klinische Mikrobiologie (4. Aufl.). Thieme-Verlag, Stuttgart 1974
- (41) HAMBRAEUS, A.:
Transfer of Staphylococcus aureus via nurses uniforms. J. Hyg. (Camb.) 71, 799-814 (1973)
- (42) HAMBRAEUS, A. and G. LAURELL:
Protection of the patient in the operation suite. J. Hosp. Inf. 1, 15-30 (1980)
- (43) HARNISCH, R., E. STÜTZER, R. WALKER und B. WIEMANN:
Über die Häufigkeit des Vorkommens von Sekundärheilungen in einer chirurgischen Abteilung eines Kreiskrankenhauses. Zeitschr. ges. Hyg. Grenzgebiete 24, 36-38 (1978)
- (44) HERNDON, C.H.:
The clean air operating room at University Hospitals of Cleveland. Cleveland Clinic Quarterly 40, 183-190 (1973)
- (45) HOFFMANN, K.:
Bakteriologische Probleme bei Klimaanlage in Krankenhäusern. Öff. Gesundheitswesen 35, 74-83 (1973)
- (46) HOWORTH, F.H.:
Air flow patterns in the operating theatre. Hospital engineering, International federation issue No. 33 (March 1980)
- (47) JAWETZ, E., J.L. MELNICK und E.A. ADELBURG:
Medizinische Mikrobiologie (4. Aufl.). Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg - New York 1977
- (48) KANZ, E.:
Aseptik in der Chirurgie. Urban und Schwarzenberg, München 1971

- (49) KANZ, E.:
Hygiene auf Intensivstationen. Internist 18, 390-398 (1977)
- (50) KANZ, E.:
Probleme des Hospitalismus: Infektionsquellen, Infektionswege und hygienische Grundmaßnahmen in der Klinik. In: Prophylaxe und Therapie bakterieller Infektionen, workshop 1975. F.W. AHNEFELD, L. BURRI, W. DICK, M. HALMAGYI (Hrsg.). Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg - New York 1975
- (51) KANZ, E.:
Transmission von Mikroorganismen im Krankenhaus. Vortrag: Symposium Ulm 9.10.1970. G. Braun, Karlsruhe (1977)
- (52) KANZ, E.:
Zur Lage der Krankenhaushygiene. Hyg. u. Med. 6, 199-203 (1981)
- (53) KING, E.J.:
Preparation of phenolphthalein phosphate. J. Path. Bact. 55, 311-314 (1943)
- (54) KLOOS, W.E. and K.H. SCHLEIFER:
Simplified Scheme for Routine Identification of Human Staphylococcus Species'. J. Clin. Microbiol. 1, 82-88 (1975)
- (55) KÖPCKE, W., F. DASCHNER, W. MARGET und W. van EIMEREN:
Maßnahmen gegen Hospitalinfektion; Eine Abschätzung von Kosten und Nutzen. Med. Klinik 71, 1057-1061 (1976)
- (56) LIEBETRAU, B. und G. GROSSMANN:
Zur Prävention von Infektionen in chirurgischen Kliniken. Zbl. Chir. 103, 518-522 (1978)
- (57) MAUFF, G., P. SCHAAL und G. PULVERER:
Krankenhausinfektionen im Wandel der Zeiten. forum mikrobiologie 2, 66-72 (1979)
- (58) MICHEL und SPIER:
Die Bedeutung regelmäßiger Händedesinfektionskontrollen durch bakteriologische Untersuchung in einer operativen Abteilung. Krankenhaus 8, 312-313 (1978)
- (59) OHGKE, H. und E. KANZ:
Umgebungsuntersuchungen über den Grad der Keimstreuung von der Infektionsquelle Patient. Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 171, 293-308 (1980)

- (60) PFEIFFER, E.H., H.-P. WERNER, J.R. WITTIG und H. DUNKELBERG:
Hygienisch bakteriologische Vergleichsuntersuchungen an 50 Krankenhäusern: II. Zur Bedeutung des Personals für die Ausbreitung von Krankheitserregern auf chirurgischen Stationen. Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 161, 399-407 (1976)
- (61) POLAKAVETZ, S.H., M.E. DUNNE and J.S. COOK:
Nosocomial infection: the hidden cost in health care. Hospitals 52, 101-106 (1978)
- (62) PSCHYREMBEL, W.:
Klinisches Wörterbuch (252. Aufl.). de Gruyter-Verlag, Berlin - New York 1975
- (63) ROTTER, M.:
Hygienemaßnahmen mit bewiesenem und unbewiesenem Effekt. Nach einem Vortrag, gehalten anlässlich des Fortbildungskurses 1980 für den leitenden Verwaltungsdienst von Krankenanstalten in Baden
- (64) RÜDEN, H., P. FISCHER und E. THOFERN:
Intensivpflegestationen und ihre hygienischen Probleme. Praktische Anästhesie 12, 478-492 (1977)
- (65) RÜDEN, H. und K.-O. GUNDERMANN:
Zur Bedeutung von raumluftechnischen Anlagen bei der Verhütung von nosokomialen Infektionen. Hyg. u. Med. 4, 187-193 (1979)
- (66) RUSSENBERGER, H.J. und H.U. WANNER:
Keimgehalt der Raumluf in Abhängigkeit des Luftwechsels. Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. A 227, 564-567 (1974)
- (67) SATTA, G., G. GRAZI, P.E. VARALDO and R. FONTANA:
Detection of bacterial phosphatase activity by means of an original and simple test. J. Clin. Path. 32, 391-395 (1979)
- (68) SCHAAL, K.P. und G. MAUFF:
Krankenhausinfektionen: Erregerspektrum und mikrobiologische Diagnostik. Krankenhaus 4, 147-150 (1979)
- (69) SIMON, C. und W. STILLE:
Antibiotika-Therapie in Klinik und Praxis (4. Aufl.). Schattauer-Verlag, Stuttgart - New York 1979
- (70) SONNTAG, H.-G., V. HINGST und H. GÄRTNER:
Luftkeimmessungen im Krankenhaus. Hyg. u. Med. 4, 177-181 (1979)

- (71) SONNTAG, H.-G., G. JÜRGENS, F. v. MEISSNER und G. ZIER-OTT:
Prospektiv qualitativ-bakteriologische Studie über postoperative Wundheilungsstörungen im allgemein-chirurgischen Krankengut. Hyg. u. Med. 5, 99-102 (1980)
- (72) THOMAS, G.:
Luftkeimzahlmessungen als Indikator der Reinheit von Operationseinrichtungen. Swiss med 1, 19-29 (1979)
- (73) THOMSEN, K. und D. KREBS:
Fehlerhafte Klimaanlage infizierte Operationstrakt. Deutsches Ärzteblatt 69, 544-550 (1972)
- (74) VOGT, K.H. und W. KRAUSE:
Infektionsrate nach Hüftgelenks-Totalendoprothesen-Operation in einer orthopädischen Klinik ohne Sterilbox. Z. Orthop. 114, 350-354 (1976)
- (75) WANNER, H.U.:
Anforderungen an die Luftqualität in Krankenhäusern. Hyg. u. Med. 4, 182-186 (1979)
- (76) WANNER, H.U.:
Methoden des Keimnachweises in der Luft. Informationsdienst: AG. für Pharm. Verfahrenstechnik. APV Mainz 4, 181-190 (1969)
- (77) WANNER, H.U.:
Möglichkeiten und Grenzen der Reinraumtechnik in der Medizin. Chem. Rundschau 27, 53-56 (1974)
- (78) WEUFFEN, W.:
Definition des Begriffes Hospitalismus und damit eng im Zusammenhang stehender Begriffe. Dt. Gesundheitswesen 35, 2097-2099 (1980)
- (79) WIESMANN, E.:
Medizinische Mikrobiologie (3. Aufl.). Thieme-Verlag, Stuttgart 1974
- (80) WULLENWEBER, M., H. MARTINY und H. RÜDEN:
Hygienisch-mikrobiologische Untersuchungen auf einer operativen Intensivpflegestation und auf einer chirurgischen Operationsabteilung. Krankenhaus 73, 25-27 (1981)
- (81) WULLENWEBER, M., H. MARTINY, H. LENZ und H. RÜDEN:
Nosokomiale Infektionserreger auf einer operativen Intensivpflegestation. III. Verbreitung von Staphylococcus aureus unter Berücksichtigung der Lysotypie. Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. B 174, 498-508 (1981)

- (82) WULLENWEBER, M., H. RÜDEN, I. SCHMITT und C. HUTTERER:
Luftmikrobiologische Untersuchungen in einem Krankenhaus:
I. Operative Intensivpflegestation. Hyg. u. Med.
5, 438-445 (1980)

Danksagung

Dem Leiter des Institutes für Allgemeine Hygiene der Freien Universität und des Fachgebietes Hygiene der Technischen Universität Berlin, Herrn Prof. Dr. med. H. Rüden, danke ich für die Überlassung des Themas der vorliegenden Dissertation.

Für Anregungen und Diskussionen bin ich den Herren Prof. Dr. med. H. Rüden und Dr. rer. nat. M. Wullenweber vom Fachgebiet Hygiene der Technischen Universität Berlin zu Dank verpflichtet.

Für die hilfreiche Unterstützung bei den Probenentnahmen möchte ich allen an den Operationen beteiligten Personen danken. Mein Dank gilt ferner meiner Kommilitonin C. Hutterer, mit der ich gemeinsam die Proben entnommen habe, sowie Frau I. Schmitt und Frau C. Leberl für die technische Assistenz bei der Auswertung.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft sei für die finanzielle Unterstützung gedankt.

LEBENS LAUF

Am 30. September 1954 wurde ich, Katharina Metzger, als Tochter des Diplom-Betriebswirtes Paul Metzger und seiner Ehefrau Ada, geb. Mezger, in Berlin-Charlottenburg geboren. In München besuchte ich die Grundschule und die ersten Klassen des Elsa-Brandström-Realgymnasiums. Nach dem Umzug nach Berlin 1966 legte ich 1973 das Abitur an der Erich-Hoepner-Schule ab.

Im Sommersemester 1973 begann ich an der Freien Universität Berlin Mathematik und Volkswirtschaft zu studieren, um nach vier Semestern auf das Fach Humanmedizin überzuwechseln. An derselben Universität legte ich 1977 die Ärztliche Vorprüfung, 1978 den ersten, 1980 den zweiten und 1981 den dritten Teil der Ärztlichen Prüfung ab.

Seit dem 16. Juni 1981 bin ich approbiert und arbeite seit Dezember 1981 als Assistenzärztin in der neurologischen Abteilung der Landesnervenklinik Spandau.



Dissertations- und Offsetdruck
Höpfer GmbH

Pestalozzistraße 106
(Ecke Bleibtreustraße)
1000 Berlin 12

Tel.: (030) 312 50 93
312 50 94

